

Rørbru som innovativ fjordkryssingsløsning

- Den krevende veien fra idé til realitet

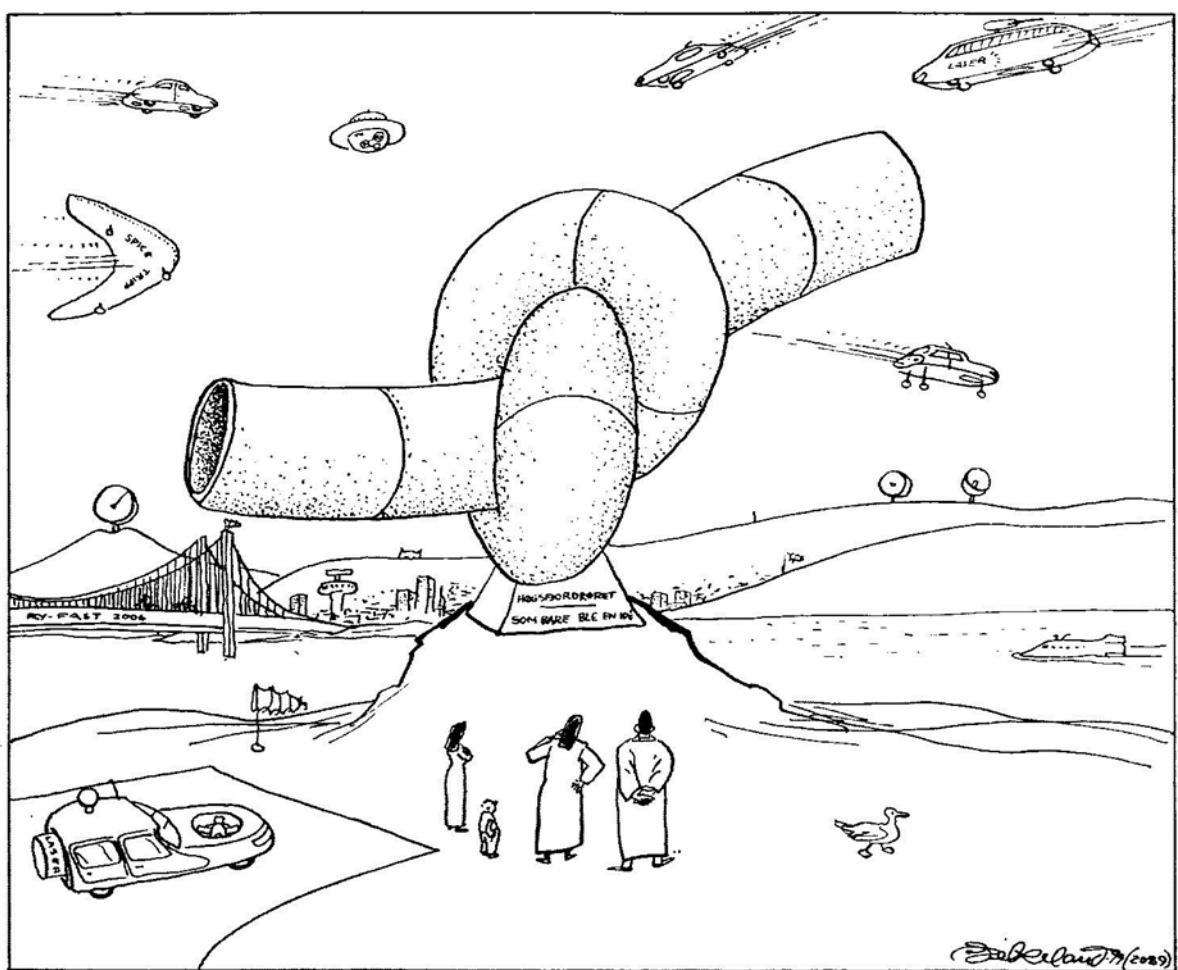
Thea Merete Vesterås

Masteroppgave ved senter for teknologi, innovasjon og kultur

UNIVERSITETET I OSLO

Vår 2014





En titt inn i framtiden

© Thea Merete Vesterås

2014

Rørbru som innovativ fjordkryssingsløsning: Den krevende veien fra idé til realitet

Thea Merete Vesterås

<http://www.duo.uio.no/>

Trykk: Statens Vegvesen, Vegdirektoratet

Illustrasjonen på forsiden er hentet fra Statens Vegvesen

Illustrasjonen på side III er hentet fra Stavanger Aftenblad, 10. november 1999

Sammendrag

Rørbrua er en konkurrent til allerede etablerte fjordkryssingsmetoder som har vært i bruk i lang tid. Konseptet har lenge blitt ansett som et spennende alternativ, men hittil har ingen rørbruer blitt realisert i samferdselssammenheng. Denne oppgaven utforsker rørbruas innovasjonsprosess – og de barrierer som har gjort at konseptet har forblitt en idé på tegnebrettet. Det blir fokusert på konkurransen mellom gamle og nye teknologier, og basert på teoretiske innfallsvinkler fra innovasjonslitteraturen beskrives prosesser som preger konkurranseforholdet. Systemtankegangen blir lagt til grunn for en analyse av rørbruas teknologiske innovasjonssystem for å identifisere tiltak som kan iverksettes for å overkomme ulempen ved å være ny og uprøvd. Oppgaven hevder at flere av funksjonene i rørbruas innovasjonssystem må styrkes slik at konfigurasjonen av aktører, institusjoner og nettverk innrettes mot å ta i bruk og spre teknologien. Ved å undersøke hindringene i rørbruteknologiens fremvekst kan denne oppgaven bidra med kunnskap om hvordan en kan skape gjennomslag og innovasjon i metoder for fjordkryssing.

Forord

Denne oppgaven markerer avslutningen på fem års skolegang. Det er flere som fortjener en takk.

Først og fremst vil jeg takke Lidvard Skorpa ved Statens Vegvesen, som tok meg og ideen til oppgaven min godt imot. Takk for at du har tatt deg tid til å lese utkast, og til å svare på de samme spørsmålene opptil flere ganger. Du har vært en god støttespiller. Jeg vil også rette en stor takk til mine informanter som alle har bidratt til resultatet av denne oppgaven. Å gjennomføre intervjuer for første gang var en situasjon som virkelig tvang meg ut av komfortsonen. Med all positivitet og engasjement jeg ble møtt med fra dere viste det seg likevel ikke å være noe problem.

Jeg vil også rette en stor takk til pappa, som har bidratt med motiverende ord kombinert med konstruktiv kritikk på både innhold og struktur. Mamma vil jeg takke for engasjert korrekturlesing, og studieturene til Hvaler som har vært gull verdt både for faglig fordypning og sjelepleie. Og ikke minst min kjære søster – som alltid er der for meg.

Jeg vil også takke alle vennene mine som har holdt ut med meg i denne prosessen. «Masterbobla» har krevd sitt, men nå kan jeg faktisk si at jeg er i mål. En spesiell takk vil jeg rette til Tina Wengstad som stadig vekk har hørt på de lange utgreiingene om «bruene mine», for motiverende ord og for å gi meg den sosiale dosen jeg har trengt for å komme meg gjennom disse månedene.

Jeg vil også takke veilederen min, Olav Wicken. Det har vært en utfordrende prosess, med doser av frustrasjon, men du har fått i gang tankeprosesser som har hjulpet meg videre.

Til sist vil jeg takke alle de fantastiske TIK'erne. Jeg har hatt to herlige år med dere. En flottere gjeng, og et bedre fellesskap i en krevende prosess, skal man lete lenge etter. Nå står vi endelig her med sluttresultatet i hånden.

Vi klarte det!

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	1
1.1	Kontekst og forskningsspørsmål	1
1.2	Rørbrukonseptet.....	2
1.2.1	Fordeler og ulemper	3
1.3	Oppgavens videre oppbygning	6
2	Metodologi	9
2.1	Det kvalitative studiet.....	9
2.2	Datainnsamling	10
2.2.1	Dokumentanalyse	11
2.2.2	Intervju	12
2.2.3	Analyse av data	15
2.2.4	Validitet og reliabilitet	16
2.3	Oppsummering	18
3	Den vanskelige veien fra idé til realitet.....	19
3.1	Rørbruteknologiens historie og fremvekst	20
3.1.1	Høgsfjordprosjektet.....	35
3.2	Teknologiske regimer og dominant design	41
3.3	Oppsummering	48
4	Hvordan skape gjennomslag for rørbrukonseptet?.....	49
4.1	Systemperspektivet på innovasjon.....	49
4.2	Teknologiske innovasjonssystem (TIS) og funksjonstilnærmingen.....	51
4.2.1	De syv funksjonene	53
5	Analyse.....	57
5.1	Strukturelle komponenter i rørbru TIS	57
5.2	Analyse av de syv funksjonene i rørbru TIS	59
5.2.1	(F1) Kunnskapsutvikling og spredning	59
5.2.2	(F2) Påvirkning på retning av innovasjon	63
5.2.3	(F3) Eksperimentering.....	66
5.2.4	(F4) Markedsutvikling.....	68
5.2.5	(F5) Legitimering	71
5.2.6	(F6) Ressursmobilisering	75

5.2.7 (F7) Utvikling av positive eksternaliteter.....	78
6 Avsluttende kommentarer	81
Litteraturliste	85
Vedlegg	91
Figur 1: Rørbruas ulike forankringsmuligheter (Østlid, 2010).	3
Figur 2: Konstruksjonslengder for rørbru og andre tunnelkonsept (Wallis, 2010).	4
Figur 3: Illustrasjon av utvalgets forslag til rørbru i Bremsnesfjorden (SINTEF, 1971).....	25
Figur 4: Oversikt over fastlandsforbindelser, utfordringer og valgte løsninger.....	34
Figur 5: Kart over Rogaland med dagens fjordkryssinger (Prop. 109 S (2011–2012)).	35
Figur 6: Funksjonene i rørbru TIS.....	80

1 Introduksjon

1.1 Kontekst og forskningsspørsmål

Reisetiden fra Kristiansand til Trondheim kan reduseres betraktelig med en ferjefri kyststamvei. E39 er hovedåren som binder seks vestlandsfylker sammen, og det er på strekningen i dag syv fergesamband som begrenser fri trafikkflyt. Vestlandet står for omtrent halvparten av all tradisjonell norsk eksport og er således et av Norges viktigste bo- og arbeidsmarkeder. En oppgradert kyststamvei vil ha stor betydning for næringsutviklingen i regionen, og regjeringen har derfor som ambisjon å binde Vestlandet tettere sammen gjennom en ferjefri E39. Det er imidlertid både teknologiske og økonomiske utfordringer ved å krysse flere av fjordene langs strekningen, mye grunnet krevende topografiske forhold. Flere av fjordene er så brede og dype at det kun gjennom en målrettet forsknings- og utviklingsinnsats kan bli mulig å innfri regjeringens målsettinger (St.meld. nr 26. (2012-2013)).

På oppdrag fra Samferdselsdepartementet har Statens Vegvesen igangsatt en undersøkelse av hva en ferjefri E39 vil bety for næringsliv og samfunn, og hvilke teknologiske løsninger som kan være aktuelle for å krysse fjordene. En mulighetsstudie gjennomført for Sognefjorden viser at flere brukonsept er teknisk gjennomførbare; deriblant hengebru, flytebru og den såkalte «neddykkede rørbru» (Statens Vegvesen, 2012). Rørbru er en flytende undervannsbru og skiller seg derfor fra konvensjonelle fjordkryssingsalternativ. Konseptet representerer en innovativ løsning som tilsynelatende kan løse flere problemer ved de krevende norske naturforhold (Østlid, 2010).

Ideen er imidlertid ikke ny. Konseptet ble for første gang foreslått på slutten av 1800-tallet og har siden den gang blitt sporadisk vurdert for fjordkryssinger. Selv om rørbrua har eksistert på ide- og forslagsstadiet i så mange år, finnes det i dag likevel ingen realiserte rørbruprosjekt i samferdselssammenheng, verken i Norge eller på verdensbasis. I hvert tilfelle der rørbrua er blitt foreslått som løsning, har beslutningstakerne valgt en annen og mer velkjent løsning; bruk av ferje, tunnel eller hengebru – eller ikke noen forbindelse. Sannsynligheten for at dette skjer også i forbindelse med ferjefri E39 er til stede.

Følgende generelle tendens gjør seg gjeldende i teknologihistorien: Når noen forsøker å introdusere en ny teknologi, vil det (nesten alltid) finnes en gammel teknologi som har fylt

den funksjonen som den nye skal ivareta. Det oppstår da en konkurranse mellom teknologier - mellom gamle og velprøvde teknologier og den nye og ennå uprøvde. Det er en tendens til at gamle teknologier vinner i denne konkurransen. Dette skyldes at de har vært i bruk i lang tid og har gjennomlevd en utvikling der de er blitt stadig mer effektive (Rosenberg, 1972). Nye teknologier er blitt beskrevet som 'håpefulle monstre': de er monstre fordi de ennå ikke har funnet noen elegant og effektiv form: de er håpefulle fordi mange tror at de i fremtiden vil bli mer effektive enn de eksisterende teknologiene (Mokyr, 1990).

Denne oppgaven søker å identifisere de barrierer som har gjort at teknologien frem til nå ikke har blitt tatt i bruk – og som har gjort at konseptet har forblitt en ide på tegnebrettet og ikke en realitet. For dette formål har følgende forskningsspørsmål blitt formulert:

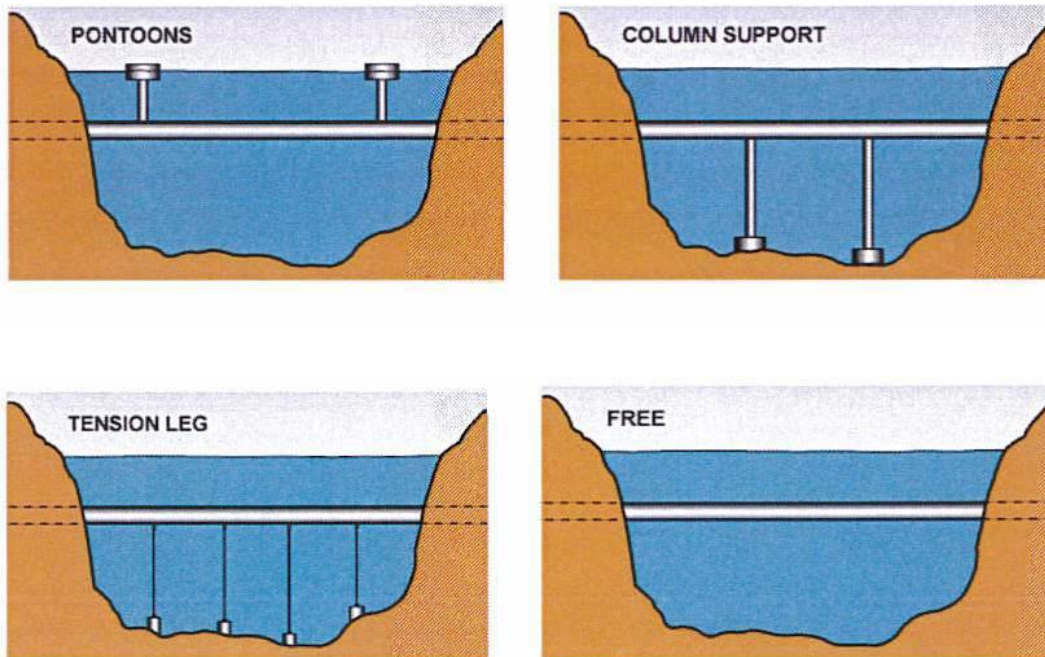
- i) *Hvorfor har rørbruteknologien inntil nå ikke blitt tatt i bruk?*
- ii) *Hva skal til for at teknologien i (nær) fremtid blir tatt i bruk?*

Rørbruteknologien vokser ikke frem i et vakuum, men i et dynamisk samspill med etablert teknologi, institusjoner og prosesser. Vi kan se disse relasjonene som et system som påvirker utvikling og spredning av teknologien. For å svare på forskningsspørsmålene tar derfor oppgaven utgangspunkt i systemperspektivet på innovasjon, og utforsker hvordan dominante design i brufeltet skaper utfordringer i teknologiutviklingen. En studie av rørbruteknologiens innovasjonssystem legger til rette for å identifisere faktorer som hindrer innovasjonsprosessen, og tiltak som kan iverksettes for at teknologien skal bli tatt i bruk (Bergek, m.fl. 2008, Jacobsson, 2011). Rørbruteknologien har stort sett blitt undersøkt med en ingeniørfaglig tilnærming. Å studere teknologien i lys av samfunnsvitenskapelige fagtradisjoner, slik denne oppgaven søker å gjøre, kan utvide kunnskapen om hva som kreves for å skape innovasjon i brufeltet.

1.2 Rørbrukonseptet

En (neddykket) rørbru, også kalt Arkimedesbru, er en tubelignende konstruksjon av stål eller betong som leder trafikken fra den ene siden av fjorden til den andre. Røret vil flyte noen titalls meter under vann ved hjelp av intern eller ekstern oppdrift. På denne måten vil ikke brua være til hinder for skipstrafikk. Slik figur 1. illustrerer kan rørbrua forankres til

havbunnen ved hjelp av pilarer eller kabellignende konstruksjoner, eller den kan forankres til havoverflaten ved hjelp av flytepontonger (flyteelementer). Det finnes også løsninger uten forankring, hvor brua holdes på plass kun ved hjelp av endeforankringene. Med en slik løsning, eller med forankring til havbunnen, vil ikke brua være synlig fra overflaten.



Figur 1: Rørbruas ulike forankringsmuligheter (Østlid, 2010).

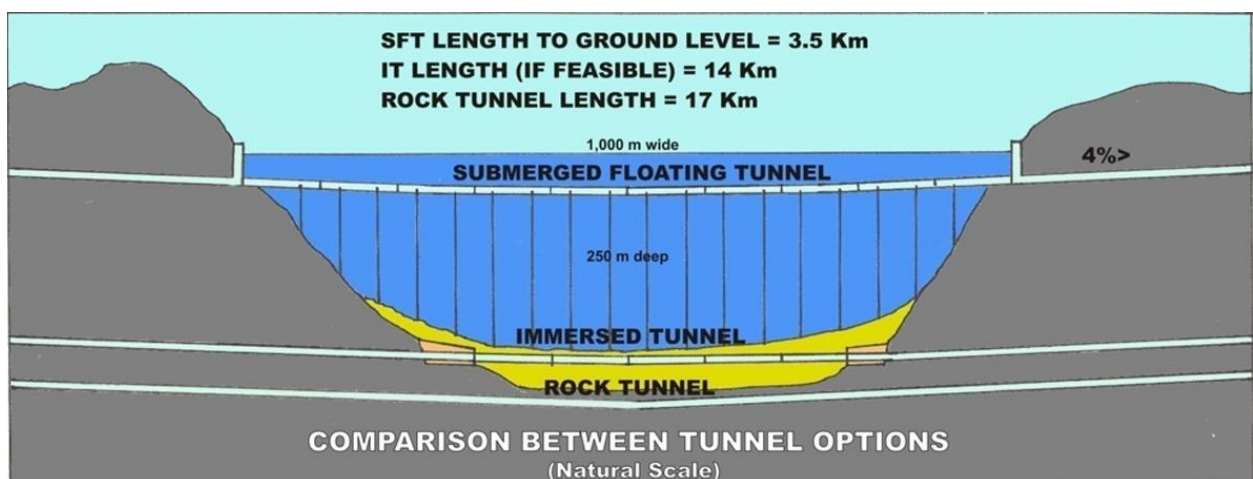
Konstruksjonen kan ses som en mellomting mellom bru og tunnel. Slektskapet med bruene sees ved at den ikke er understøttet (til jord eller berg) mellom hver side av fjorden, noe som gjør at man har tekniske utfordringer som langt på vei er lik de man har for store brukonstruksjoner. Rørbruas nærmeste slektning må fortsatt sies å være senketunnelen, da både konstruksjons- og sikkerhetsmessige problemstillinger for de to konseptene har mange likheter, og mye erfaring er hentet herfra i arbeid med rørbruer (Wang, Wang og Zhou, 2011; Østlid, 2010, Flaate og DiBiagio, 2001).

1.2.1 Fordeler og ulemper

Rørbrukonseptet har flere fordeler ved seg som potensielt sett kan gjøre konstruksjonen til en attraktiv løsning for fremtidige fjordkryssinger.

De fleste store byggeprosjekter innebærer en form for naturinngrep som danner grobunn for debatt/kontroverser. Uenighet oppstår rundt hvorvidt en eventuell konstruksjon er ønsket og hvordan prosjektet kan løses på en minst mulig sjenerende måte. Å imøtekomme alles synspunkter kan være krevende. Fordelen med rørbrukonseptet i så måte er at konstruksjonen kan være så godt som usynlig i naturomgivelsene. Ved de nevnte bunnforankrede løsningene, eller den forankringsfrie løsningen, vil konstruksjonen ikke ses fra overflaten, og heller ikke den siste løsningen med flytepontonger vil fremstå som et dominerende element. Dette betyr at en rørbru kan gjennomføres i naturskjønne omgivelser hvor bevaring av landskapet anses som en viktig faktor (Østlid, 2010).

I en sammenligning av konstruksjonslengder ved ulike tunnelalternativer gir rørbrua en klar fordel. Rørbrua trenger ikke å legges ned til, eller under, havbunnen, og krever derfor mye lavere stigningsgradient enn tunnelløsninger. I eksempelet i figur 2. illustreres det hvordan rørbrua gir under en tredjedel av lengden i forhold til senketunnel og undersjøisk tunnel (Wallis, 2010). Kjørestrekningen blir dermed kortere, materialbruken reduseres, og bilistene forbruker mindre energi ved gjennomfart. Rørbrua gjør det dessuten mulig å krysse svært dype fjorder, nettopp av samme årsak. De ulike forankringsmulighetene gir samtidig større fleksibilitet i hvor det er mulig å bygge, og kan åpne opp for løsninger i områder hvor det tidligere var utenkelig (Østlid 2010).



Figur 2: Konstruksjonslengder for rørbru og andre tunnelkonsept (Wallis, 2010).

I prinsippet er det heller ingen begrensinger på hvor lang ei rørbru kan være. Østlid (2010) har vurdert det dit hen at det med dagens teknologi kan bygges rørbruer som strekker seg minst 4000 meter. Når det gjelder hengebruer har spennvidden (absolutte) begrensinger fordi

egenvekten blir for tung for konstruksjonen å bære. Den lengste hengebrua som er bygget til dags dato, Akashi-Kaikyo-brua i Japan, har en spennvidde på 1991 meter (Olsen, 2008).

Mulighetsstudien gjort for Sognefjorden viser at en spennvidde på 3700 meter er gjennomførbart, men teknologiutvikling på feltet er nødvendig.

Et annet fordelaktig aspekt ved rørbrua er at kostnadene stiger proporsjonalt med brulengden, i motsetning til for hengebruer hvor marginalkostnadene per meter er stigende. Dette har igjen sammenheng med brukonstruksjonens egenvekt. En rørbrukonstruksjon kan derfor i prinsippet være et kostnadsmessig gunstig alternativ for lengre fjordkryssinger (Flaate og DiBiagio, 2001; Wang, Wang og Zhou, 2011).

Når det gjelder selve byggeprosessen trenger ikke bruelementene bygges på selve brustedet. Dette er et viktig aspekt i eksempelvis byer eller annen tettbebyggelse, hvor lange byggeprosesser kan påvirke området negativt. Elementene til rørbrua kan bygges på et sted hvor arbeidet er til minst mulig forstyrrelse, og siden taues til det endelige brustedet for installasjon. Siden elementene flyter kan dessuten de ulike delene etter endt levetid enkelt flyttes og brukes på nytt til andre formål (Østlid 2010).

Til tross for mange fordeler ved konstruksjonen er det også flere usikkerhetsmomenter knyttet til rørbrua. Et av de viktigste er det faktum at det aldri har blitt bygget rørbruer tidligere, noe som betyr at det ikke finnes erfaringstall og praktisk kompetanse på området. Det har blitt gjort flere teoretiske studier, men det er fortsatt vanskelig å forutsi hvilke problemer som vil kunne oppstå under installasjon og drift. De marine operasjonene anses eksempelvis som et krevende moment (Wang, Wang og Zhou, 2011). Ulempene ved å være en uprøvd konstruksjon gjør seg derfor gjeldene.

Samme årsak gjør det også svært vanskelig å beregne eksakte kostnader for konstruksjonen. Materialkostnader er mulig å fastslå, men uten en klar plan for hvordan selve installeringen skal gjennomføres, er det usikkerhet knyttet til beregningene. Det vil dessuten være nødvendig å utføre flere tester og modellforsøk før en kan iverksette et rørbruprosjekt. Dette betyr at flere kostnader vil påløpe i startfasen.

Videre stilles det spørsmål vedrørende risiko for ulykker. Skipspåkørsel og slepende anker er blant eksemplene på hendelser som kan inntreffe. I forhold til dette må røret plasseres så dypt at skip kan passere over uten problem samt bygges så solid at det vil tåle lasten av et

synkende skip. Hvordan rørbrua vil påvirkes av eksplosjoner og brann er også forhold som må undersøkes nærmere, i tillegg til tilrettelegging av flukt- og rømningsveier.

Til sist er det nødvendig å trekke frem det psykologiske aspektet ved rørbruer, da et vanlig argument er at folk vil føle seg utrygge ved passering. Selv om det kan sammenlignes med å kjøre gjennom en vanlig tunnel, vil tanken på at det er en flytende konstruksjon kunne skape skepsis blant bilister og andre passerende. Trygghet og sikkerhet må derfor vektlegges tungt i utarbeidingen av slike prosjekter.

1.3 Oppgavens videre oppbygning

Innledningskapittelet har presentert valg av tema og forskningsspørsmålene som oppgaven søker å svare på. Videre har rørbrukonseptet blitt presentert. Fordeler og ulemper ved teknologien har blitt trukket frem både i forhold til samferdselsspørsmål, teknikk, miljø, sikkerhet og kostnader.

I kapittel 2 vil den metodologiske tilnærmingen presenteres, og det redegjøres for valg og strategier for innsamling og analyse av det empiriske datamaterialet. I tillegg reflekteres det rundt forskningens validitet og reliabilitet.

Kapittel 3 tar for seg rørbruteknologiens historie og fremvekst ved en systematisk gjennomgang av satsinger på rørbru som alternativ fjordkryssingsløsning – fra det første forslaget på slutten av 1800-tallet og frem til i dag. Kapittelet vil dessuten gi en mer detaljert beskrivelse av et rørbruprosjekt hvor teknologien var nær ved å oppnå gjennomslag, og var gjenstand for en stor samfunnsdebatt. Høgsfjordprosjektet illustrerer således sosiale prosessers sentrale posisjon i utvelgelse av teknologi. Avslutningsvis i kapittelet vil relevante teoretiske perspektiver om «teknologiske regimer» og «dominant design» presenteres, som utgangspunkt for en helhetlig forståelse av den teknologiske konkurransen i brufeltet. Kapittelet søker å svare på oppgavens første problemstilling: i) Hvorfor har rørbruteknologien til nå ikke blitt tatt i bruk?

I kapittel 4 presenteres systemperspektivet på innovasjon mer inngående. Et analytisk rammeverk fra systemlitteraturen (teknologiske innovasjonssystemer) vil beskrives, som

siden operasjonaliseres i kapittel 5. Det analytiske rammeverket gir mulighet for å identifisere tiltak som kan iverksettes for at teknologien blir tatt i bruk i samfunnet.

Til sist vurderes koblinger mellom funnene i en oppsummerende drøftingsdel for å svare på oppgavens andre problemstilling: ii) Hva skal til for at teknologien i (nær) fremtid kan bli tatt i bruk?

Jeg har valgt å integrere teoridrøfting i ulike deler av oppgaven. På denne måten blir analysen gjennomgående og fører til en tettere kobling mellom teori og empiri. Mens kapittel 3 tar for seg den bruteknologiske konkurransen mellom teknologier i feltet, undersøker analysen i kapittel fem prosesser på mikronivå, i tillegg til å ta innover seg kontekstuelle faktorer. Til sammen gir dette et helhetlig bilde av de ulike prosesser som til nå har hindret rørbruteknologien i å bli tatt i bruk.

2 Metodologi

I dette kapittelet vil det redegjøres for valg og strategier for innsamling av det empiriske datamateriale. I prosessen har det blitt anvendt ulike former for kvalitativ metode som alle vil beskrives og vurderes. I tillegg reflekteres det rundt forskningens validitet og reliabilitet.

2.1 Det kvalitative studiet

En kvalitativ studie har som mål å undersøke sosiale fenomen som ikke er kvantifiserbare. Dette må ses i motsetning til kvantitativ forskning som befatter seg med det målbare i form av tall. Kvalitativ forskning åpner opp for å belyse individuelle opplevelser og/eller sosiale prosesser, og hvordan samfunnsforhold dannes og ivaretas. Samfunnsstrukturen bidrar i stor grad til å legge føringer på individers handlinger og fortolkninger, og kontekst er dermed sentralt. Samtidig har handlinger på mikronivå mulighet til å bryte med slike strukturer i stedet for å videreføre dem. Det er nettopp slike forhold kvalitativ forskning kan bidra til å avdekke (Winchester og Rofe, 2010). Spørsmål om «hvordan» og «hvorfor» er vanlige å benytte for å komme i dybden av slike sosiale fenomen da spørsmålene stiller krav til en besvarelse som har undersøkt fenomener over tid. Problemstillinger som søker å undersøke hvordan- og hvorfor-spørsmål legger til rette for bruken av casestudiet (Yin, 2014). Baxter (2010) beskriver et casestudie som:

(...) the study of a single instance or small number of instances of a phenomenon in order to explore in-depth nuances of the phenomenon and the contextual influences on and explanations of that phenomenon” (Baxter, 2010, s. 81).

Formålet med casestudier er, etter denne definisjonen, å utvikle en så fullverdig forståelse som mulig av det en ønsker å studere. Dette gjøres ved å gå i dybden, og ved å anerkjenne dets kompleksitet ved å ivareta en holistisk forståelse (Punch 2005). Med tanke på denne oppgavens tema var det derfor relevant å benytte metodologien i forsøket på å avdekke faktorer som hindrer rørbruteknologiens innovasjonsprosess. Institusjonelle rammer har eksempelvis en sterk innvirkning på hvordan innovasjon og teknologiutvikling arter seg, og anerkjennelse av kontekst kombinert med prosesser på mikronivå er nødvendig for en fullverdig forståelse. Systemperspektivet på innovasjon, og funksjonstilnærmingen, som vil benyttes for å systematisere datamaterialet, søker å kartlegge alle faktorer som innvirker på

utviklingen, spredningen og bruken av teknologi (Bergek m.fl., 2008) - noe som krever en metode som kan avdekke nettopp slike komplekse, sosiale prosesser.

Forskningsspørsmålene ble utviklet på et tidlig tidspunkt, og la grunnlaget for hvordan prosjektet har blitt organisert. I etterkant av datainnsamlingen, og gjennom arbeidet med kodingen av det innsamlede datamaterialet, ble det klart at det ville vært mulig å tilspisse forskningsspørsmålene til å dreie seg om visse prosesser som skaper utfordring i rørbruas innovasjonsprosess. Jeg valgte likevel å beholde den opprinnelige bredden da mye relevant materiale hadde kommet ut av innsamlingsprosessen som jeg antageligvis ikke hadde funnet ellers. Valget ble dessuten tatt på bakgrunn av at innovasjon må ses som en kollektiv og dynamisk prosess (Fagerberg, 2005) hvor elementer vanskelig kan isoleres uten å miste forklaringstyngde.

2.2 Datainnsamling

I kvalitativ forskning kan flere ulike metoder benyttes for å samle inn empirisk datamateriale. I en casestudie er det, ifølge Yin (2009) en klar styrke å samle inn data fra flere kilder som underbygger samme fenomen. For å tilegne meg kunnskap som kunne svare på oppgavens problemstilling har jeg benyttet meg av de to metodene intervju og dokumentanalyse. Jeg har dessuten vært deltakende ved flere av møtene til prosjektgruppen «Fjordkryssing», som er en del av Statens Vegvesens Ferjefri E39-prosjekt. Deltakelse på møtene kombinert med å ha min arbeidsplass i bruseksjonen i Vegdirektoratet har gitt meg tilgang til en form for uformell observasjon av noen av informantenes naturlige setting. Slik uformell observasjon kan gi en mer virkelighetsnær beskrivelse enn den direkte datainnsamlingen som skjer i intervjusettingen - hvor situasjonen i seg selv preger dialogen mellom partene. Observasjonene jeg har hatt mulighet til å gjøre kan beskrives som en type «utfyllende informasjonsinnsamling» (Kearns, 2011). Jeg har imidlertid ikke vektlagt denne form for datainnsamling da intervjuer og dokumentanalyse gir mer omfattende og dyptgående informasjon som kan svare på oppgavens problemstilling. For å identifisere hva som har gjort rørbruteknologiens innovasjonsprosess krevende, har det dessuten vært viktig å samle inn data som kan dokumentere både den historiske utviklingen til konseptet og hvilken status teknologien har i brufeltet i dag. Det har derfor vært svært nyttig å kombinere de nevnte metoder i et forsøk på å oppnå en så fullstendig oversikt som mulig innenfor rammene av

denne oppgaven. I det følgende vil jeg beskrive hvordan jeg har gått frem for å skaffe datamaterialet ved hjelp av de nevnte metodene.

2.2.1 Dokumentanalyse

Betegnelsen dokument kan benyttes om alle skriftlige kilder som er tilgjengelige for forskeren, men som er skrevet for et annet formål enn det forskeren skal bruke dem til (Thagaard, 2013). Slike kilder er viktige i datainnsamlingsprosessen; både for å kunne sette seg inn i forskningstemaet og for å utfylle funn fra andre kilder. Dokumenter kan dessuten ses gjentatte ganger, og de kan dekke et bredt spekter av både tid og hendelser (Yin, 2009). I denne oppgaven har det vært viktig å fremskaffe data fra langt tilbake i tid, og dokumentanalyse var den eneste metoden som kunne gi meg et innblikk i teknologiens utvikling fra et helt tidlig tidspunkt. Jeg startet med å fremskaffe empirisk materiale gjennom internettsøk hvor jeg fant generell informasjon om teknologien og kunne sette meg inn i den overordnede teknologidebatten omkring Ferjefri E39. Siden jeg har min arbeidsplass i Vegdirektoratet benyttet jeg meg også av Vegdirektoratets bibliotek, hvor jeg gjorde grundige søk i Bibsys etter relevant stoff jeg kunne benytte meg av, enten i biblioteket eller i Vegdirektoratets arkiver. Jeg oppdaget imidlertid raskt at rørbruteknologiens fremvekst ikke er bredt dokumentert. I søkeprosessen dukket det likevel opp flere relevante dokumenter som jeg i ettertid har studert. Et dokument, eller rettere sagt en dokumentsamling («Avslutning av arbeidet med rørbruer knyttet til Vegdirektoratets bruavdeling») ble særlig nyttig for meg i forsøket på å tegne et bilde av teknologiens historiske utvikling. Dette er en dokumentsamling som er sammensatt av en tidligere ansatt i Statens Vegvesen, og entusiast på rørbrufeltet, Erik Ødegård. Samlingen består av brevkorrespondanse (med vekt på korrespondanse mellom Ødegård selv og hans kollegaer og nettverk), patentbeskrivelser og patentsøknader, avisartikler, møtoreferater, rapporter og andre fagrelaterte tekster fra perioden 1886-1970. Dokumentene har gjort det mulig å syntetisere oppfatninger av og forventninger til teknologien i løpet av denne tidsperioden. Yin (2009: 105) beskriver hvordan det i dokumentanalyse er nødvendig å søke å forstå hvilket objektiv dokumentene er produsert for. Det er da mindre sannsynlig at forskeren blir villedet av kildene i den kritiske tolkningen. Dokumentsamlingen er et forsøk på å samle arbeidet med rørbruer som kan knyttes til Vegdirektoratets bruavdeling. Det er imidlertid nødvendig å være klar over at dokumentene vil kunne bære preg av å være en fremstilling av de fakta Ødegård selv anså som relevante for arkivering/dokumentasjon. Det eksisterer i det store og det hele lite dokumentert informasjon om de tidlige rørbruforslagene,

og mer detaljerte beskrivelser fra denne perioden har derfor ikke vært mulig å fremskaffe innenfor rammene av denne oppgaven. Selv om det hadde vært en fordel å hatt tilgang til flere ulike dokumentkilder har samlingen vist seg å være en såpass verdifull kilde til informasjon at jeg valgte å basere deler av forskningen på dette materialet. Underveis i prosessen har jeg imidlertid forsøkt å gjøre selvbevisste granskinger av meg selv som forsker, og kildematerialets sosiale forankring (Dowling, 2010). Ulike innspill som har dukket opp underveis har også vært med på å øke min kritiske refleksjon omkring kildene og datainnsamlingen.

For å dekke perioden fra 1970 og utover har jeg hatt mulighet til å granske diverse rapporter, transportplaner på nasjonalt og regionalt nivå, en doktorgradsavhandling samt artikler fra avholdte rørbru-seminarer; særlig «First International Symposium on Archimedes Bridge (ISAB-2010)» (en internasjonal rørbru-konferanse avholdt i Kina i 2010). I forbindelse med datainnsamling tilknyttet Høgsfjordprosjektet har jeg dessuten gjort et dypdykk i mikrofilm-arkivet til Rogalands Avis, for perioden desember til april, 1998. På denne tiden nærmet det seg beslutningsfase i Fylkestinget, og teknologidebatten som utspilte seg i lokalavisen gir et godt innblikk i den pågående striden. Rapporter, vedtak og andre myndighetsdokumenter ble også gransket i forbindelse med prosjektet. En liste over både de benyttede dokumentene fra dokumentsamlingen og artiklene fra Rogalands Avis finnes i vedlegg 4 og 5. Til sammen gav disse kildene meg bred innsikt i satsinger som har funnet sted på rørbrukonseptet.

2.2.2 Intervju

Intervjuer er egnet til å fremskaffe fyldig og omfattende informasjon om hvilke synspunkter og perspektiver intervjuobjektene har på temaer som omhandler forskningsspørsmålet. Metoden gir derfor et godt grunnlag for å få innsikt i ulike forståelser av et fenomen (Thagaard, 2009). Jeg anså det som en god metode for å få kunnskap om hvordan aktører i brufeltet vurderer rørbruteknologiens muligheter og hvilke barrierer de opplever har stått i veien for gjennomføringen. Intervjuer for kvalitativ forskning kan gjennomføres på ulike måter. I en casestudie tar imidlertid intervjuene ofte form som en guidet samtale mellom forsker og informant (Yin, 2014), og jeg valgte derfor å benytte meg av en semistrukturert intervjuform hvor kun hovedtemaer er fastlagt. Dette kan ses i motsetning til strukturerte intervjuer hvor informanten svarer på konkrete spørsmål og rekkefølgen av spørsmålene er bestemt på forhånd (Thagaard, 2009).

Valg av informanter

I kvalitative studier velges informanter oftest ut fra «egenskaper eller kvalifikasjoner som er strategiske i forhold til problemstillingen og undersøkelsens teoretiske perspektiver» – såkalt strategiske utvalg (Thagaard, 2009, s. 55). For å kunne svare på oppgavens problemstilling så jeg det som relevant å finne informanter som hadde inngående kjennskap til rørbrukonseptet fra et faglig perspektiv, i tillegg til beslutningstakere og myndighetspersoner involvert i et teoretisk eller reelt byggeprosjekt. Å få tilgang til informanter kan være en krevende prosess, og jeg benyttet meg derfor av snøballmetoden. Fremgangsmåten ved snøballmetoden er å kontakte enkelte personer som har de egenskapene eller kvalifikasjonene som er relevante for problemstillingen, og som kan sette forskeren i kontakt med andre personer med tilsvarende egenskaper. Da bruseksjonen i Vegdirektoratet er min arbeidsplass kom jeg raskt i kontakt med det som etter hvert ble min nøkkelinformant. Informanten hadde jobbet med rørbrukonseptet i lang tid gjennom Statens Vegvesen, i tillegg til å ha hatt en sentral posisjon i Høgsfjordprosjektet. Kontakt med denne informanten gav meg dessuten legitimitet som forsker ved at jeg ble inkludert i fagmiljøet, og det var slik jeg fikk innpass på møtene til «Fjordkryssing». Ved hjelp av informanten fikk jeg også raskt identifisert andre personer med relevant tilknytning til rørbruteknologien, og som kunne sies å representere ekspertisen i rørbrufeltet. En svakhet ved bruk av snøballmetoden, som jeg selv opplevde som litt problematisk, er at metoden ofte gir tilgang til personer i samme nettverk eller miljø (Thagaard, 2009). For å motvirke dette tok jeg kontakt med fagaktører utenfor Statens Vegvesen, og startet en ny snøball i det private miljøet. På den måten oppnådde jeg å skaffe et mer balansert utvalg av informanter fra både offentlig og privat sektor. Ettersom jeg også ønsket å ha informanter fra myndighetssiden, var det naturlig å velge noen som hadde vært involvert i Høgsfjordprosjektet. Som tidligere beskrevet er Høgsfjord det rørbruprosjektet som har vært nærmest gjennomslag, og innblikk i vurderinger og beslutninger tilknyttet Høgsfjord anså jeg som svært interessant for å få svar på mine problemstillinger. Etter å ha identifisert personene jeg ønsket å intervju, tok jeg kontakt via epost, hvor jeg tydelig presenterte oppgavens tema og målsetting, informantenes bidrag, intervjuets forespeilede varighet samt muligheten for anonymisering. Jeg mottok raskt tilbakemelding fra samtlige informanter, og reaksjonene var gjennomgående positive og entusiastiske. Kontakt med informantene fra myndighetssiden ble etablert noe annerledes. Gjennom min nøkkelinformant hadde jeg blitt foreslått å ta kontakt med en tidligere sentral person i fylkeskommunen i Rogaland som hadde vært sterkt involvert i Høgsfjordprosjektet. Jeg tok kontakt via telefon,

og fikk avtale om intervju en uke senere i Stavanger. Informanten tok videre selv kontakt med en annen myndighetsperson som hadde vært involvert i Høgsfjordprosjektet, som aksepterte å bli intervjuet. Under oppholdet i Stavanger fikk jeg også kontakt med ytterligere en informant, som hadde arbeidet både som kritisk journalist og politiker i tiden Høgsfjordprosjektet var på dagsorden. Jeg innså raskt at personen kunne gi interessante innspill til forskningstemaet og bidra til å balansere informantutvalget. I alt fikk jeg tilgang til ti informanter som belyser forskningstemaet fra sine respektive ståsteder. En komplett oversikt presenteres i vedlegg 1. Selv om et annet utvalg av informanter også kunne fått frem andre synspunkter på temaet anser jeg at dette utvalget sammen med de øvrige kildene gir en god oversikt over de prosessene som har vært.

Dowling (2010) fremhever viktigheten av at informantene skal skjermes for skade eller uheldige virkninger av forskningsarbeidet. For å ivareta dette hensynet valgte jeg å anonymisere informantenes navn og de private aktørenes selskap. Gjennom anonymisering vil ikke informantene kunne knyttes direkte opp til forskningsarbeidet gjennom eksempelvis internettsøk.

Intervjuprosessen

Fordelen med semistrukturerte intervjuer er, slik Thagaard beskriver det: «forskeren kan følge informantens fortelling og utdype temaer som vedkommende bringer opp, men som forskeren ikke hadde tenkt på i forkant» (Thagaard, 2009, s. 89). Dette opplevde jeg som en stor styrke. I intervjuene fikk jeg informasjon om flere aspekter ved teknologien og den brute teknologiske kontekst som jeg ikke ville ha fått ved hjelp av en strengere intervjuform. Imidlertid hadde jeg på forhånd utviklet en intervjuguide som dekket overordnede temaer og utformet spørsmål knyttet til hvert tema. Spørsmålene var organisert i en pyramidestruktur hvor jeg startet med et innledningsspørsmål og deretter stilte oppfølgingsspørsmål ut fra informantens relasjon til temaet (Duun, 2010). Intervjuguiden ble først og fremst brukt som en støtte i prosessen for å kontrollere at de overordnede temaene ble dekket. Intervjuguiden presenteres i vedlegg 2. I intervjusituasjonen var jeg dessuten svært bevisst på ikke å avbryte informantene i deres resonnementer. Hvis et emne havnet på siden av forskningsspørsmålet benyttet jeg intervjuguiden til å styre samtalen tilbake til relevant tema.

Alle intervjuene ble gjennomført med båndopptaker, med unntak av ett. Valget om å bruke båndopptaker tok jeg fordi notering under intervjuet kan virke distraherende og hindre samtalsens frie flyt (Kvale, 2007). Informantene ble på forhånd spurt om de aksepterte bruk av båndopptaker, og det var kun en av informantene som ikke aksepterte dette. Dataene jeg satt igjen med etter intervjuet med informant2 er således mindre detaljerte, og viste seg mer krevende å analysere i ettertid. I de andre intervjuene så det ikke ut til at båndopptakeren utgjorde et stressmoment. Intervjuene ble avholdt på informantenes respektive arbeidsssteder, med unntak av intervjuet med informant1 som ble gjennomført på min arbeidsplass. Varigheten av intervjuene varierte fra 40 minutter til rundt 2 timer, noe som ble styrt av hvor mye informantene selv ønsket å dele. Jeg har valgt å benytte meg av alle de ti gjennomførte intervjuene som kildemateriale i denne oppgaven.

2.2.3 Analyse av data

Etter å ha fullført intervjuene startet arbeidet med å bearbeide det innsamlede materialet. Som Punch (2005) beskriver det, starter analysen allerede under transkripsjonen. Jeg valgte derfor å transkribere intervjuene selv, noe jeg anså som en svært viktig del av å bli kjent med materialet. Jeg benyttet meg av programmet HyperTranscribe, som har fordelene av å kunne høre kortere utsnitt, og spole frem og tilbake. På denne måten forsikret jeg meg om at jeg fikk transkribert intervjuene i detalj og ikke mistet informasjon underveis. Etter transkripsjonen behandlet jeg materialet gjennom koding og kategorisering av dataene. Jeg hadde på forhånd bestemt meg for å benytte meg av funksjonstilnærmingen for å identifisere hindringer i rørbruteknologiens innovasjonsprosess. Rammeverket tar utgangspunkt i et sett funksjoner som må være på plass for at en idé skal kunne bli en realitet. Tilnærmingen gjorde det derfor naturlig å bruke funksjonene som kategorier (funksjonene presenteres i kapittel 4.2.1.). Jeg hadde på denne måten en deduktiv tilnærming, og utgangspunktet i etablert teori gav meg en analytisk ramme. En analytisk ramme gir, ifølge Ragin, grunnlag for å forstå mønstre i dataene (sitert i Thagaard, 2009, s. 194). I analysen gikk jeg systematisk gjennom mine skriftlige kilder og intervjutranskripsjonene. Arbeidet ble gjennomført i analyseprogrammet Nvivo. Programmet er spesielt utviklet for kvalitativ dataanalyse, og gjør det enklere å sortere informasjon. Med en kategorisering ved hjelp av funksjonene kunne jeg gruppere dataene i mindre enheter, og dermed få grep om den store mengden materiale. Nvivo viser eksempelvis også hvor mange ganger jeg har knyttet informasjon til hver enkelt kategori, noe som gav en

pekepinn på sentraliteten av hver funksjon, både for hver informantuttalelse og materialet i sin helhet.

Underveis i analysearbeidet dukket det opp en hendelse som gjorde at jeg måtte kvalitetssikre mitt materiale. En informant ringte meg og opplyste at rørbrukonseptene utarbeidet for Høgsfjorden ikke hadde blitt godkjent i Vegdirektoratet, slik jeg på et tidligere tidspunkt hadde tolket situasjonen ut fra det innsamlede materialet (mer informasjon om Høgsfjord finnes i kapittel 3.1.1.). De nye opplysningene gjorde at jeg valgte å gå tilbake til kildene og undersøke hva slags informasjon som forelå omkring dette. I flere av de skriftlige kildene og i informantuttalelser fant jeg at konseptene hadde blitt godkjent som teknisk gjennomførbare. Det viste seg imidlertid at nye systemer for godkjenning av konsept hadde blitt innført noen år etter prosjektet. De nye systemene gjorde at en eventuell ny vurdering av de respektive rørbruforslagene ikke ville ført til samme konklusjon. Dokumentasjonen om forslagenes realiserbarhet kunne derfor anses som svekket. For mine forskningsspørsmål mener jeg likevel at det faktum at konseptene ble vurdert som teknisk gjennomførbare i 1990 hadde en innvirkning på konseptets legitimitet, og informasjonen er derfor fortsatt relevant. Hendelsen er dessuten interessant i seg selv da den viser at informasjon kan oppfattes og vurderes ulikt, noe som kan påvirke tolkninger av datamateriale. De offentlige papirene som beskriver godkjenningen av rørbruforslagene i forbindelse med Høgsfjorden er derfor å finne som vedlegg. At jeg gikk tilbake i kildematerialet mitt og kontrollerte de nye opplysningene mener jeg har styrket oppgavens validitet.

2.2.4 Validitet og reliabilitet

Kvalitativ forskning vurderes ut fra forskningens reliabilitet og validitet. Reliabilitet kan knyttes til om forskningen gir inntrykk av å ha blitt utført på en pålitelig og tillitsvekkende måte. Spørsmålet om hvor gode data forskeren har fått er sentralt, og det er derfor viktig at forskeren reflekterer over konteksten for innsamling av data og redegjør for relasjonen mellom deltakerne samt hvordan opplevelser underveis kan influere på resultatene (Thagaard, 2013). På denne måten gjøres forskningen gjennomsiktig (Silverman, i Thagaard 2009). Reliabilitet går i utgangspunktet ut på at en forsker som følger samme prosedyrer skal kunne komme frem til samme resultat. Dette er selvsagt utfordrende innen kvalitativ forskning da forskeren selv deltar i konstruksjonen av data og tolkninger. Reliabilitet må derfor argumenteres for gjennom en kritisk vurdering av prosedyrer og resultater. I denne oppgaven

har jeg gjort rede for de ulike metodene jeg har benyttet for innsamling av data. For å sikre reliabilitet i arbeidet med dokumentanalysen har jeg laget en oversikt over anvendte kilder fra dokumentsamlingen. Dokumentene som har blitt benyttet har blitt listet opp, og dokumentene som direkte siteres i tekst er også å finne i litteraturlisten. Jeg har også laget en oversikt over avisartiklene som dekker perioden før Høgsfjordprosjektet skulle stemmes om i fylkestinget. Listene har jeg laget for at det skal være mulig å finne tilbake til kildematerialet som ligger til grunn for mine tolkninger. I forhold til intervjuene har jeg reflektert over utvelgelse av informanter og relasjoner til disse. Intervjuenes form og gjennomføring har blitt beskrevet samt hendelser underveis som har påvirket prosessen. I presentasjon av data har jeg forsøkt å være tydelig i å vise hva som er primærdata og hva som er mine tolkninger - et aspekt Thagaard (2009) fremhever som viktig for å styrke reliabilitet.

Begrepet validitet knyttes til korrespondansen mellom de innsamlede dataene og virkeligheten. Validiteten av et forskningsarbeid sier derfor noe om gyldigheten av de tolkninger forskeren kommer frem til, og hvordan analysen gir grunnlag for konklusjonene (Thagaard, 2013). Ifølge Thagaard kan forskeren styrke validiteten ved å gå kritisk gjennom analyseprosessen. Også her blir derfor gjennomsiktighet viktig, slik at leseren kan forstå de tolkningene som er gjort. I forrige avsnitt gjorde jeg rede for hvordan jeg gikk frem for å bearbeide og analysere det innsamlede datamaterialet. Ettersom forskeren selv blir en del av produksjonen av data, er det stor sannsynlighet for at materialet kan tolkes på andre måter. Poenget har derfor vært å beskrive årsakssammenhengene for fremskaffing av resultatene. Jeg har dessuten samlet inn materiale fra ulike kilder og metoder, noe som bidrar til å sikre validitet. I situasjonen med informanten som gav meg nye opplysninger angående Høgsfjordprosjektet valgte jeg å gå tilbake til kildematerialet og på nytt gjennomføre en kritisk gransking. Bruk av båndopptaker i intervjusituasjonen har også vært med på å styrke validiteten av mine konklusjoner da opptak gjør det mulig å gjennomgå materialet flere ganger. På denne måten blir informasjonen mer presis. Intervjuet med informant2 eksemplifiserer dette ved at jeg opplevde det som krevende å gjengi informantens uttalelser og analysen av det innsamlede materialet fra det respektive intervjuet ble derfor svekket. Gjennom hele prosessen har jeg dessuten forsøkt å være bevisst egne valg og handlinger, og stilt meg selv kritiske spørsmål knyttet til hendelsesforløp. Ved å være selvrefleksiv har jeg derfor forsøkt å sikre reliabilitet og validitet i forskningsarbeidet (Dowling, 2010). Jeg anser videre at den samlede informasjonen av dokumentanalyse og intervju med ulike aktører under

ett gir et nyansert bilde av de barrierene som informantene har opplevd, og som har fremkommet i den offentlige debatten og vedtaksprosessene.

2.3 Oppsummering

Dette kapitlet har gjort rede for valg og strategier for innsamlingen av det empiriske datamaterialet. Jeg har argumentert for valget av casestudie som metodologi, og hvorfor dokumentanalyse og intervju har gjort at jeg har fått samlet data fra ulike perspektiver og fått et nyansert grunnlag for å gjennomføre analysen. Jeg har forsøkt å gi detaljerte beskrivelser av prosedyrene for dokumentanalyse, informantutvelgelse, intervjuprosessen og hvordan dataene ble behandlet i ettertid gjennom transkribering og analyse. Målet har vært å skape gjennomsiktighet, og vise at jeg har stilt meg kritisk granskende til mitt eget forskningsarbeid samt dataenes sosiale forankring. Jeg har dessuten reflektert omkring reliabilitet og validitet i forskningsarbeidet.

3 Den vanskelige veien fra idé til realitet

«All risiko må derfor vurderes reelt, ikke ut fra det enkle prinsipp at det uvante er farlig, det kjente er trygt» (Ødegård)

Det har vært ideer og planer om å bygge mange rørbruer, men aldri er noen blitt realitet.

Det er mange grunner til dette, men vi skal her fokusere på konkurransen mellom teknologier – mellom gamle og velprøvde og de nye og ennå uprøvde. Som beskrevet i innledningen er det en tendens til at gamle teknologier vinner i denne konkurransen. Dette skyldes at de har vært i bruk i lang tid og har gjennomlevd en utvikling der de er blitt stadig mer effektive.

Situasjonen blir samtidig forsterket av sosiale interesser som bygges inn i de gamle teknologiene; i form av grupper som ønsker at den gamle teknologien skal videreføres. Dette kan gjelde både ekspertinteresser og politiske- og økonomiske interesser. Utfordringene som ligger i å bryte med etablerte metoder bidrar derfor til å bremse overgangen til, og omfavnelsen av, en ny teknikk (Rosenberg, 1972).

I dette kapittelet skal dette utviklingstrekket brukes som utgangspunkt for å analysere utfordringene knyttet til å få realisert rørbru som fjordkryssingsløsning. Rørbru er en konkurrent til allerede etablerte fjordkryssingsmetoder som har vært i bruk i lang tid. For å beskrive konkurranseforholdet vil kapittelet ta for seg rørbruteknologiens historie og fremvekst ved en systematisk gjennomgang av fastlandsforbindelser der rørbru er blitt foreslått samt begrunnelser for valg av endelig kryssingsmetode (i de tilfellene data har vært tilgjengelig i dokumentanalysen). Kapittelet vil dessuten gi en mer detaljert beskrivelse av et rørbruprosjekt hvor teknologien var nær ved å oppnå gjennomslag, men hvor sterke sosiale prosesser la føringer på teknologivalget. Avslutningsvis i kapittelet vil relevante teoretiske perspektiver om «teknologiske regimer» og «dominant design» presenteres, som utgangspunkt for en helhetlig forståelse av den teknologiske konkurransen i brufeltet.

En visuell oversikt over fjordkryssingsprosjekt hvor rørbrukonseptet har blitt fremmet ses i figur 4. i dette kapittelet.

3.1 Rørbruteknologiens historie og fremvekst

Entusiaster og pådrivere

Rørbruas potensial som fjordkryssingsmetode har lenge vært anerkjent. Første patent ble registrert av engelskmannen Edward James Reed så tidlig som i 1886 i forbindelse med en jernbanebru. Konstruksjonen bestod av et rør med doble jern- eller stålvegger som skulle senkes ned under vann og holdes på plass av oppdrift (Reed, 1887). Neste registrerte patent, fra august 1923, tilhørte en nordmann ved navn Trygve Olsen. Han fikk innvilget sin patentsøknad på det han kalte «dykket pontonbro». Oppfinnelsen beskriver han som følger: «Den består av et sammenhengende rør (R) fra strandbred til strandbred som, nedsenket under vand, meddeles en oppdrift større end den maksimale trafikkbelastning» (Norsk Patent, 1924).

Ingen av disse tidlige prosjektene ble videreutviklet, og senere studier har vist at konstruksjonene heller ikke var videre godt teoretisk eller teknisk underbygget. Et rør av jern og stål, som ble foreslått av Reed, ville blitt stort og vanskelig å håndtere, og materialene ville heller ikke gitt naturlig tilpassing mellom rørets oppdrift og styrke. Dette ble understreket av den norske ingeniøren Erik Ødegård som søkte om patent på «neddykket, flytende tunnel til kryssing av fjordløp» i 1947 (Ødegård, 1948b). I arbeidet med sin nye konstruksjon skrev han:

«Oppfinneren [Reed, forfatterens anmerkning] synes ikke å ha vært tilstrekkelig oppmerksom på betydningen av rørets stivhet og fordelene ved å kombinere den elastiske bæreevne og oppdriften. Dette kan vel sees i forbindelse med at anvendelsesmulighetene av jernbetong var lite klarlagt på et så vidt tidlig tidspunkt. Den andre svakheten var at oppfinneren ikke var oppmerksom på muligheten for å bruke et jernbetonglag til å gi oppdriften en hensiktsmessig størrelse i forhold til nyttelasten. (...) Selv om neddykkede rørbruer derfor ikke slo igjennom i 1880 årene, behøver det derfor ikke å være noen grunn til at prinsippet skal være ubrukbart (Ødegård, 1948b).»

Ødegård understreket utfordringene med valg av materialer for å skape en teknisk god løsning. Selv mente han at en kombinasjon av jern og betong kunne gi en ideell koordinering av de to egenskapene da armering ville få betongen til å tåle strekkbelastning. Dette var en innovasjon som først ble kommersialisert på begynnelsen av 1900-tallet, og armert betong har blitt et av de vanligste materialene innen brukonstruksjoner. Til å begynne med var mange skeptiske til å ta i bruk betong, men med stålnapphet i forbindelse med første verdenskrig

tok bruken fart (Olsen, 2008). Nye byggematerialer skapte også nye muligheter innen bygg og konstruksjon, og rørbrua – blant andre bruløsninger – fikk forbedret teknisk potensial.

Patentsøknaden fra Ødegård ble avvist med den begrunnelsen at det allerede eksisterte et patent på en liknende konstruksjon, som var Reed sin patent fra 1886 (Iversen, 1948). Ødegård ble derfor rådet til å føre saken videre uten patentteknisk støtte, noe han valgte å gjøre. I 1948 presenterte han et forslag om en neddykket rørbru over Karmsund ved Salhus. Fjordkryssingen var opprinnelig tenkt løst med en konvensjonell brukonstruksjon, men uenighet om bruhøyden gjorde prosessen krevende. Ødegård så dermed muligheten til å få aksept for sitt rørbrukonsept. Forslaget fikk oppmerksomhet i media, blant annet i Haugesunds Dagblad (3. juli 1948) og Stavanger Aftenblad (10. juli 1948). I Verdens Gang i samme periode (13. juli 1948) uttalte Vegdirektoratet seg om prosjektet og viste til et liknende prosjekt som hadde blitt gjennomført i Rotterdam under krigen¹, noe som kan illustrere en viss entusiasme.

Utfordringene med å få oppslutning om rørbruforslaget over Karmsund gjaldt særlig beregningen av kostnadene. De som gjennomførte beregningene mente at høybru ville bli rimeligere enn rørbruforslaget. I tillegg påpekte de at en rørbru ville forårsake sterkere strøm i sundet og gi båttrafikken nedsatte navigasjonsmuligheter. Ødegård vurderte situasjonen annerledes og argumenterte for at rørbru ville bli betydelig rimeligere enn en konvensjonell bru, både med tanke på materialbruk og påfølgende vedlikeholdsarbeid. Som argumentasjon trakk han frem de historiske vurderingene av konseptet, og understreket spesielt at nyvinningene innen byggematerialer gjorde at bygging av rørbru nå var gjennomførbart. Ødegårds vurderinger fikk ikke oppslutning hos beslutningstakerne. Rørbrua ble ikke sett på som konkurransedyktig og forslaget ble heller ikke videreført. Den valgte løsningen for strekningen ble en buebru i stålfagverk som stod ferdig i 1955.

På midten av 1950-tallet var det fortsatt tvil om i hvilken grad det fantes et teknologisk grunnlag for å konstruere sikre og funksjonelle rørbruer. Ødegård fortsatte å fremme rørbruas potensial, og han publiserte flere artikler i Teknisk Ukeblad for å skape interesse og «bryte vei for nærmere undersøkelse av tunnelbroenes muligheter» (Ødegård, 1954). I artiklene beskrev han flere usikkerhetsaspekter knyttet til bruløsningen, og at et utviklingsprosjekt nødvendigvis ville innebære både beregningsmessige og praktiske vanskeligheter. Særlig viste han til overgangen mellom rør og forankring som en av hovedutfordringene knyttet til

¹ Mer informasjon om dette prosjektet har imidlertid ikke blitt funnet.

rørbru. Han argumenterte imidlertid for at et forankret, neddykket rør i betong ga en funksjonell brukonstruksjon som ville være gunstig for norske forhold. Han understreket samtidig at det trengtes mer forskning på området, men at videreutvikling av teknologien burde fortsette her til lands. Han understreket også at videre undersøkelser burde knyttes til et konkret brusted da en generell behandling av temaet fort ble utflytende.

Som en oppfølging foreslo han å bygge en neddykket rørbru til forlengelse av Gjøvikbanen til Lillehammer. Mye korrespondanse skjedde mellom Ødegård og by- og kommuneingeniørene samt generaldirektøren for NSB, og interessen fra fylket var stor. Forslaget ble likevel skrinlagt på grunnlag av forsvarstekniske betraktninger.

Bredere interesse for rørbruer

Fra begynnelsen av 1960-årene økte interessen for rørbrukonseptet, og opptil flere forslag kom på banen. Av disse var blant andre forbindelse mellom Horten og Jeløya, fastlandsforbindelse til Kristiansund og forbindelse mellom fastlandet og Askøy utenfor Bergen. Horten-Jeløya ble presentert både for fagfolk og pressen, men også for dette prosjektet hersket det usikkerhet omkring lønnsomheten. Vegsjefen i området, Alf Torp, var entusiastisk, men mente at det ikke vil være aktuelt å starte arbeidet med fastlandsforbindelse over Oslofjorden før trafikken i området hadde steget ytterligere slik at brua kunne forrente seg. Opprettholdt ferge drift har frem til nå vært den valgte løsningen. Det var imidlertid ikke bare kostnadene ved rørbru – eller andre teknologier - som var problemet. Fortsatt var det betydelig teknisk usikkerhet knyttet til rørbrukonseptet. Røret på denne strekningen ville bli svært langt (5 km), og vanntemperaturen i fjorden varierte så sterkt at det ville være lite tjenlig som et førstegangsprosjekt. Forslaget om rørbru ble derfor ikke videreført for strekningen. Fastlandsforbindelsene til Kristiansund og til Askøy var oppe til vurdering i samme periode. Dette var krevende fjordkryssinger hvor få eller ingen av de konvensjonelle løsningene ble ansett som tilstrekkelige. Hengebru var en mulighet på Askøyforbindelsen, men til svært høye kostander. Rørbru kom av den grunn opp som alternativ, men ble ikke vurdert som rimeligere enn en hengebruløsning. Forslaget om neddykket rørbru ble heller ikke møtt med videre entusiasme hos vegmyndighetene i Kristiansund. Ødegårds far beskrev eksempelvis det han oppfattet som konservative holdninger hos myndighetene, i en korrespondanse med vegsjef Alf Torp:

«Min sønn Erik (...) lanserte ideen om å krysse våre fjorder med tunnelbroer. Han regnet blant annet på det for Kristiansunds forbindelse med fastlandet, men støtte der på så megen konvensjonell konservatisme at tanken ikke engang ble ordentlig gjennomarbeidet» (Ødegård, 1961).

Noen år senere ble imidlertid forslaget for Kristiansund bragt på banen igjen, og i perioden 1962-63 holdt Ødegård flere foredrag for fagfolk i området. Byens aviser slo forslaget stort opp, og det vekket betydelig interesse, også hos vegmyndigheter i andre regioner. De kommunale myndighetene i Kristiansund hadde imidlertid begynt å se på muligheten for bygging av en undersjøisk tunnel på strekningen. Dette hadde aldri blitt realisert i Norge tidligere, men i Sverige hadde det allerede blitt bygget en undersjøisk tunnel i Muskö som gjorde at erfaringstall var mulig å hente derfra, i tillegg til andre steder internasjonalt. Rørbruforslaget falt derfor fra, og vurderingen av undersjøisk tunnel fortsatte. Det tok imidlertid mange år før norsk tunnelteknikk var moden for et slikt prosjekt. Freifjordtunnelen stod ikke ferdig før i 1992, men var på dette tidspunktet verdens lengste undersjøiske veitunnel (5,1 km) (Statens Vegvesen, 2010).

I forbindelse med planene om fastlandsforbindelse til Askøy ble det lagt stor vekt på de mange usikkerhetsaspektene ved rørbrukonseptet som forslag. Bergen Havneingeniørkontor og annen fagekspertise gikk særlig sterkt ut:

«Hvilken teknisk konsulent og hvilken entreprenør tør påta seg et så hasardiøst foretagende? Det måtte vel som eneste løsning bli tale om å la arbeidet utføre på byggherrens risiko, og det kunne bli en sak som kunne komme til å by på ubehagelige overraskelser» (Bergen Havneingeniørkontor og Kommunens Statiker og konsulent i jernbetong, 1963).

For første gang ble også et annet argument mot rørbru presentert. Det ble påstått at trafikantene høyst sannsynlig ville føle seg tryggere ved passering av en konvensjonell bru enn i et flytende rør hvor det fantes få eller ingen fluktmulighet om noe skulle gå galt. Det psykologiske usikkerhetsargumentet bidro til at skeptikerne rådet til å avslutte vurderingen av rørbrua.

«Det ville etter undertegneds mening være uklokt å ta de sikkert noe større ekstrakostnadene som en utvilsomt vil få hvis man skal være den første med noe så usikkert som det her omhandlede prosjekt» (Bergen Havneingeniørkontor samt Kommunens Statiker og konsulent i jernbetong, 1963).

Ødegård svarte selv på kritikken i en artikkel der han gikk løs på det han anså som konservative holdninger:

«Kritikken ble avgitt av solide fagfolk, vel inne i konvensjonelle byggemetoder. Deres uttalelser kan tillegges betydelig vekt. En kan imidlertid ikke se bort fra at nettopp slike

kollegier er tilbøyelige til å betrakte alt uvant som vanskelig. En uttalelse som: «Hvilken entreprenør vil våge å legge inn anbud på et slikt prosjekt» styrker ikke et utsagn som burde bygge på nøyaktige og sikre vurderinger» (Ødegård, 1967a).

Ødegård uttrykte dessuten misnøye med hvordan norsk veibygging ble organisert. Han mente det burde legges mer vekt på helhetlig tenkning og langsiktig planlegging, noe som innebar å prøve ut nye og - muligens for fremtiden - bedre metoder for veiløsninger. Dette brukte han som argumentasjon for utprøving av ideen om neddykket rørbru, slik han beskrev det i et brev til Norges Bondeblad fra 1967:

«Ledd for ledd, generasjon etter generasjon er transportnettet blitt bygget ut. Hvert nytt ledd er tatt i bruk og har gjort nytte for seg fra den dag det var ferdig. Denne progressive utbygging av transportanleggene må fortsette. Men det skader ikke at det av og til blir gjort forsøk på å lage langsiktige prognoser. Skal dette gjøres for transportutviklingen i kystdistriktene må følgende spørsmål klarlegges: «Er rørbroen et brukbart hjelpemiddel i vegnettet? (Ødegård, 1967c)»

Det skulle vise seg vanskelig å overbevise beslutningstakerne om at rørbrukonseptet var den beste løsningen. Hengebru ble valgt som endelig løsning til tross for at en konvensjonell brukonstruksjon med datidens teknologi var en stor utfordring. Det tok 30 år fra diskusjonen om fastlandsforbindelse i 1960-årene til Askøybrua sto ferdig – også den i 1992. Brua er den nest lengste hengebrua i Norge med et hovedspenn på 850 meter (Olsen, 2008).

Selv om skeptikere til bygging av rørbru viste til tekniske og psykologiske utfordringer med teknologien, var de økonomiske beregningene av rørbrukonseptet et vedvarende hovedproblem. Det var vanskelig å fastslå eksakte kostnader, og som et førstegangsprosjekt ville grundige forundersøkelser og utprøvinger måtte gjennomføres. Dette innebar dyre ekstrainvesteringer som få eller ingen finansieringsansvarlige ville påta seg. Ødegård foreslo av den grunn at Samferdselsdepartementet skulle stå for gjennomføringen av de nødvendige vitenskapelige undersøkelsene. På den måten ville saken bli undersøkt av et forskningslag finansiert på nasjonal basis, og på grunnlag av hele kystens behov. Hvis neddykket rørbru viste seg gjennomførbart, ville dette gjøre det mulig å realisere konseptet til mye lavere kostnader i fremtiden. Ideen om å sette ned en nasjonal forskningsgruppe begynte dermed å ta form.

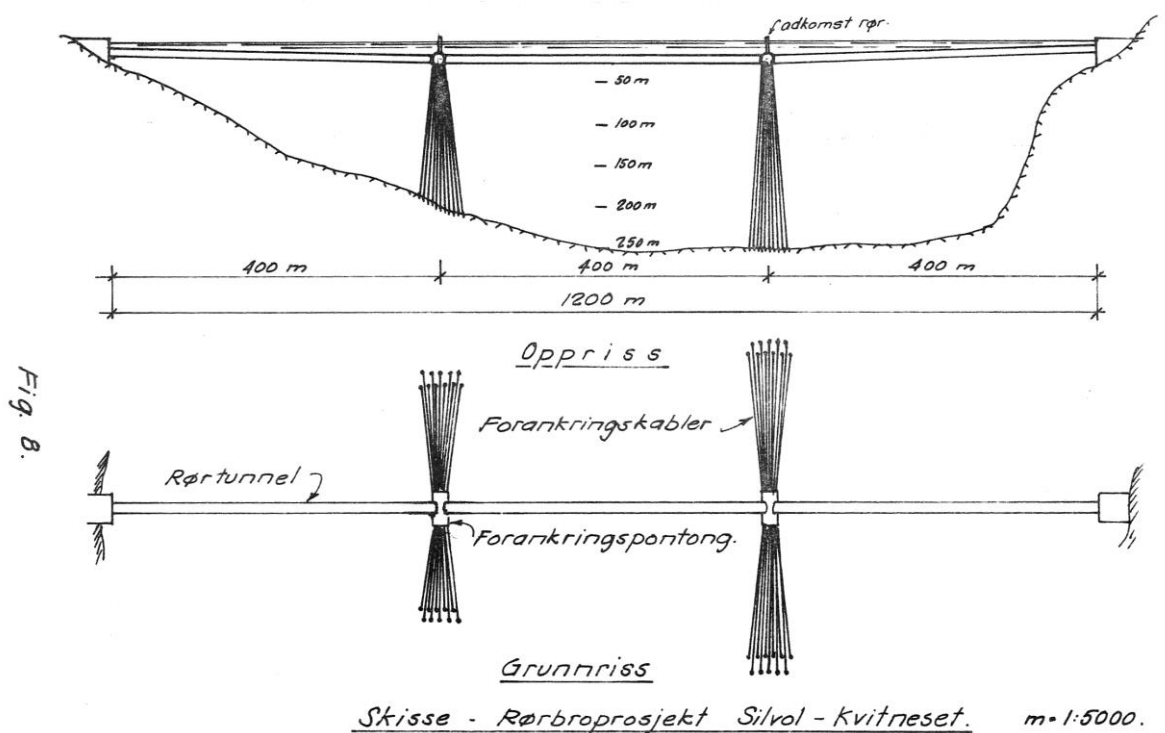
Institusjonalisering av rørbrukonseptet

I juni 1969 - om mulig som et resultat av Ødegårds engasjement og innsats på feltet - ble SINTEF's «Rørbroutvalg» oppnevnt, med støtte fra Vegdirektoratet, Norges Teknisk-

Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF) og Møre Fylke. Utvalgets målsetting ble beskrevet på følgende måte:

«Vi skal søke å gi en vurdering av hvorvidt systemet dykket flytende rørbrø er et realistisk alternativ i vårt land, særlig da i tilfeller hvor bro lengde og vanddybde er så store at konvensjonelle brotyper vanskelig eller slett ikke kan bli aktuelle» (Brandtzæg, 1969).

Utvalget tok sikte på å fremskaffe materiale for vurdering av konseptets muligheter og trekke opp retningslinjer for nødvendige forarbeid ved undersøkelse av konkrete prosjekter. Dette ville gi konseptet mer teoretisk tyngde. Rørbroutvalget bestod av avdelingsdirektør Arnulf Arild (Vegdirektoratet), Fhv. professor, dr. techn. Anton Brandtzæg (NTH), sivilingeniør Olav Folkestad (Ingeniørene Bonde & Co, Oslo), professor, dr. techn. Arne Selberg (NTH) og overingeniør Erik Ødegård (Oppland Vegkontor). Utvalget startet sine tekniske undersøkelser i desember samme år og avholdt flere møter i løpet av 1970 for å fullføre sin endelige rapport. Deres vurderinger ble gjort på generelt grunnlag, men med Bremsnesfjorden sør for Kristiansund som referansepunkt (utpekt av Vegdirektoratet).



Figur 3: Illustrasjon av utvalgets forslag til rørbrø i Bremsnesfjorden (SINTEF, 1971)

Installasjonsprosessen av rørbrua samt å komme frem til en pålitelig forankring til havbunnen ble sett på som de dominerende teknologiske utfordringene. For å opparbeide seg mer kompetanse knyttet utvalget kontakter med internasjonale ingeniørselskap som hadde erfaring

med lignende byggeteknikk og maritime konstruksjoner. I Nederland fantes det eksempelvis kompetanse på senketunneler - en type undervannstunnel som innehar visse likheter med rørbrukonseptet. I USA var det dessuten mulig å hente erfaring fra oljeboring og bygging av offshoreplattformer, og utvalget så raskt hvilket overføringspotensial som fantes innen teknologi og kunnskap fra denne relativt nyutviklede sektoren. Utvalget var blant annet i kontakt med selskapet Global Marine Inc. (GM), som var (og fortsatt er) et spesialfirma innen havboringsteknikk og konstruksjonsarbeid. Selskapet hadde tilknytning til oljeboringen som foregikk i Nordsjøens norske del, og som nettopp hadde gjort oljefunn i området. GM var svært positive til rørbrukonseptet (Sintef, 1971).

Som et resultat ble det i den endelige rapporten fra 1971 særlig presisert hvor raskt metoder og redskap for bygging av maritime konstruksjoner var i ferd med å utvikle seg, takket være behovene som hadde gjort seg gjeldende i forbindelse med utvinning av olje og andre råmaterialer fra havbunnen. Et av punktene som ble trukket frem var hvordan firmaer hadde spesialisert seg på å sette ankerfester i havbunnen uten bruk av dykkere. Dette muliggjorde arbeid på mye større dyp enn tidligere. Som utvalget selv presiserte «ble [det] fremholdt meget sterkt av de representanter for slike firmaer som ble intervjuet under USA-reisen, at «depth is no problem»» (Sintef, 1971, s. 46).

Ved bruk av oljesektorens metoder og utstyr ble det også mulig å gjøre detaljerte grunnundersøkelser på havbunnen.

«Etter de opplysninger som er innhentet, har man også grunn til å anta at det faktisk i dag foreligger løsninger for alle de dyp det her blir tale om, og for grunnforhold som man må kunne vente å finne på svært mange aktuelle steder i vårt land. (...) At brukbare løsninger vil foreligge, har man etter utvalgets mening så meget mer grunn til å regne med fordi det i dag skjer en så rask utvikling på området at man må regne med at flere og bedre metoder enn dem man har i dag, vil foreligge om få år» (SINTEF, 1971, s. 49).

Det var knyttet stor entusiasme til disse teknologiske fremskrittene. Det så ut til at den framvoksende oljesektoren ville ha revolusjonerende effekt på rørbrukonseptets muligheter. Rørbroutvalget konkluderte sin rapport med at neddykket flytende rørbru var et lovende alternativ, og at det ville være mulig å bygge slike bruer i Norge uten urimelige komplikasjoner. Som en videre anbefaling ba de Vegdirektoratet utarbeide et ferdig prosjekt for et slikt konsept på et bestemt brusted, og med sikte på direkte igangsetting av arbeidet hvis prosjektet viste seg å svare til det man etter utvalgets mening burde kunne forvente (SINTEF, 1971).

Under arbeidet med sluttrapporten ble Rørbroutvalget gjort oppmerksom på en gruppe britiske rådgivende ingeniører som hadde vunnet en idekonkurranse for fast vei- og jernbaneforbindelse mellom fastlandet av Italia og Sicilia - Messinastredet. Forslaget gikk ut på bygging av en neddykket rørbru bestående av tre parallelle og sammenkoblede rør (se figur 3). Prosjektet var såpass nytt på denne tiden at utvalget ikke kunne trekke noen erfaringer fra det, men det var like fullt et signal om konseptets fremtidige potensial. Kryssingen av Messinastredet baserte seg også på bruken av utstyr og metoder som var standard praksis i oljesektoren (SINTEF, 1971). Rørbroutvalget var dermed ikke alene om å se mulighetene som gjorde seg gjeldene som følge av den nyutviklede teknologien.

Anbefalingen fra SINTEF's Rørbroutvalg ble tatt til etterretning, og etter en stortingsproposisjon fra 1973 ble «Vegdirektoratets Rørbroutvalg» oppnevnt i mars samme år. Utvalget skulle utrede rørbru som vegforbindelse over Eidfjord i Hardanger. Dette utvalgets medlemmer bestod av avdelingsdirektør Arnulf Arild (Vegdirektoratet), fhv. professor, dr. techn. Anton Brandtzæg (NTH), sivilingeniør Olav Folkestad (Ingeniørene Bonde & Co, Oslo) og professor, dr. techn. Arne Selberg (NTH), i tillegg til den nye avdelingsdirektøren for Bruavdelingen i Vegdirektoratet, Per Tambs-Lyche. Utvalget sluttet seg til og bygget videre på anbefalingene og konklusjonene gjort i SINTEF-rapporten fra 1971.

Rørbru i Hardanger hadde blitt bragt på banen allerede i 1969, og området ble nå valgt for å videreføre undersøkelsene av konseptet. Hengebru skulle imidlertid vurderes parallelt. Arbeidene foregikk fra 1973-1979. I denne perioden ble det utført belastningsforsøk med rørmodeller og forsøk med prøveforankring på brustedet i tilnærmet full målestokk. Dette gav viktig informasjon om de forskjellige forankringsmulighetene, og dermed en indikasjon på hva som ville være realiserbart.

Rørbroutvalget kom med en fullstendig sluttrapport i mars 1979, hvor det mente å kunne bekrefte konseptet neddykket rørbru som hensiktsmessig under de foreliggende forhold i Eidfjord. Utvalget hadde videre kommet frem til at et neddykket rør ville bli klart billigere enn en konvensjonell hengebru med tanke på stabiliseringsvanskene ved sistnevnte alternativ. En rørbru ville kunne bygges med tofelts kjørebane, mens en hengebru ville kreve firefelts kjørebane for å oppnå ønsket stabilitet (Vegdirektoratets Rørbroutvalg, 1979). Rørbrua så derfor ut til å være en konkurransedyktig løsning for Eidfjorden sammenlignet med hengebrua, som etter forholdene viste seg ugunstig.

Rørbru teknisk gjennomførbar, men fortsatt avvist

Til tross for de faglige vurderingene av at ei rørbru ville være den mest kostnadseffektive løsningen for å krysse Eidsfjorden, valgte beslutningstakerne en annen løsning. De ønsket en hengebru, selv om dette ikke var mulig med datidens teknologi. En så lang hengebru krevde stor bredde (firefeltsvei), men utbyggerne ønsket å utvikle hengebruteknologien for økt stabilisering av slanke (smale) konstruksjoner. Det var dette som ble resultatet. Den tofelts hengebrua som ble ferdigstilt høsten 2013 er nå Norges lengste hengebru, med et spenn på 1310 meter (Statens Vegvesen, 2013).

Selv om det er i Norge det har vært mest aktivitet i rørbruutviklingen, har konseptet også vært foreslått i flere internasjonale prosjekter. Kryssingen av Messinastredet har vært viktig for utviklingen av rørbruteknologi internasjonalt. Flere konseptforslag ble utredet for denne kryssingen i periodene etter 1970. Først i 1984 fikk selskapet «Ponte di Archimede» patentert den nyeste løsningen under navnet «Archimedes Bridge». Området har imidlertid høy seismisk risiko, og å finne en sikker og forsvarlig løsning for de svært utfordrende miljøforholdene har vist seg krevende. Flere forslag kom fortløpende, blant annet i 1993 og 1996, hvorav det siste tilsynelatende skulle være både bedre hydrodynamisk tilpasset samt ha et utbedret sikkerhetssystem hvis eventuelle ulykker skulle inntreffe (Martire, 2010, Forum of European National Highway Research Laboratories, 1996).

Også for Messinastredet ble neddykket rørbru til slutt skrinlagt til fordel for planer om hengebru. I 2010 ble det publisert en doktorgradsavhandling av Giulio Martire der han undersøkte kryssingen av Messinastredet, og gjorde en sammenlikning av forventede kostnader for en neddykket rørbru opp mot hengebru. Hans resultater viser at en rørbruløsning kan være vesentlig mer kostnadseffektiv hvis det dreier seg om lengre fjordkryssinger, og at en rørbruløsning for Messinastredet ikke vil kreve mer enn en tredjedel av de kostnader som er nødvendige for en hengebru (Martire, 2010). I samtale med mine informanter viser det seg at hans beregninger er kontroversielle og har vært kritisert. Det er derfor ikke klart at rørbru er kostnadsmessig konkurransedyktig over denne strekningen.

I Norge fortsatte arbeidene med neddykket rørbru, til tross for skrinleggingen av Eidsfjordprosjektet. Høgsfjorden i Rogaland ble på midten av 1980-tallet utpekt som det neste aktuelle kryssingsstedet. Prosjektet ble i 1987 utpekt til å være et nasjonalt pilotprosjekt. I forbindelse med Høgsfjord ble den første internasjonale rørbrukonferansen avholdt i Sandnes

i 1996. Før den tid hadde det blitt arrangert flere Strait Crossing-konferanser (brufaglige konferanser som fortsatt avholdes) hvor den økte interessen for rørbrukonseptet hadde blitt fanget opp. Sandnes-konferansen kom derfor som et resultat, og som et ønske om å knytte tettere bånd til det internasjonale fagmiljøet. Konferansen var også støttet av Forum of European National Highway Research Laboratories (FEHRL) (Statens Vegvesen, 1996).

Arbeidet med Høgsfjordprosjektet førte til ytterligere institusjonalisering av rørbrukonseptet ved at fire ulike forslag til neddykket rørbru knyttet til denne traseen ble godkjente som teknisk gjennomførbare kryssingsmetoder på slutten av 90-tallet (Skorpa, 1989). Likevel, som et resultat av lokalpolitisk maktkamp, ble prosjektet stoppet, og det ble i stedet vedtatt å bygge den undersjøiske tunnelen «Ryfast» som nå er under konstruksjon (Skorpa, 2009). En mer detaljert beskrivelse av Høgsfjordprosjektet vil komme i neste delkapittel.

Som allerede nevnt var undersjøisk tunnel en fjordkryssingsmetode som lenge hadde vært i bruk internasjonalt, men aldri tidligere i Norge. Noe før vurderingen av Høgsfjord gjennomgikk norsk tunnelfag kraftig utvikling, og den første undersjøiske tunnelen her til lands åpnet i 1982. Tunnelen kan ses som gjennombruddet i undersjøisk tunnelteknikk. Siden gikk prosessen raskt, og flere og lengre undersjøiske tunneler ble planlagt og gjennomført. Det var derfor klart at en ny fjordkryssingsmetode hadde fått fotfeste i Norge, noe som gav rørbrukonseptet økt konkurranse (Skorpa, 2009).

Det ble stille rundt rørbruteknologien i Norge etter dette prosjektet. Det kunne virke som om skrinleggingen av Høgsfjord hadde gitt entusiasmen og troen på konseptet en knekk og at undersjøisk tunnel var blitt løsningen på mange lange fjordkrysninger. På tross av dette fortsatte oppbyggingen av organisasjoner og institusjoner knyttet til rørbrukonseptet. Det rådgivende ingeniørselskapet «The Norwegian Submerged Floating Tunnel Company» (NSFT) ble dannet i 1998 som et resultat av opparbeidet kompetanse fra Høgsfjord samt ønsket om å fremme og videreutvikle teknologien. De involverte aktørene var Aadnesen og Dr. techn. Olav Olsen. Selskapet fikk imidlertid få henvendelser og eksisterer ikke i dag (Haugerud, Olsen og Muttoni, 2001; Skorpa, 2009). Sikkerhetsstandardene for tunnelkonstruksjoner ble dessuten endret ved innføringen av nye godkjenningssystem på 90-tallet, noe som begrenset mulighetsrommet som hadde blitt etablert gjennom Høgsfjordprosjektet.

På 1990-tallet ble interessen for rørbrukonseptet større internasjonalt. I 1991 ble det dannet en forskningsgruppe ledet av Prof. K. Sato ved universitetet Hokkaido i Sapporo (Japan), i samarbeid med regjeringen og privat sektor. Syv ulike undergrupper undersøkte elementer innen planlegging, design, konstruksjon og vedlikehold. En mengde simuleringer og eksperimenter ble gjennomført, og tre rørbruer har vært planlagt i det nordlige Japan for å lage en fast forbindelse mellom Honshu- og Hokkaido-øyene. I 2010 hadde ingen av disse rørbruprosjektene startet opp ((Wang, Wang, og Zhou, 2011; Forum of European National Highway Research Laboratories, 1996; Kanie, 2010).

På begynnelsen av 2000-tallet utarbeidet et norsk-sveitsisk prosjektteam et rørbruforslag for kryssing av Luganosjøen i Sveits. Prosjektet dreide som en jernbanelinje fra Zûrich til grensen av Italia. De involverte konsulentselskapene var Grignoli Muttoni Partner, Selmer og Dr. techn. Olav Olsen. Det ble stilt strenge krav til utforming, mye på grunn av de vakre naturomgivelsene i området, og siden en neddykket rørbru ikke trenger å være synlig fra overflaten, var en slik løsning et ypperlig alternativ. Kryssingen ville bli litt over 1000 meter lang og var planlagt som en neddykket rørbru forankret til havbunnen med betongpilarer (søyler). Pilarene skulle utformes på samme måte som på oljeplattformer.

For å gjøre forslaget mer levedyktig var prosjektteamet opptatt av å bruke allerede kjent teknologi innenfor alle områder av utformingen – det vil si; design, konstruksjon og installasjon. De var derfor bevisste - og forsøkte å finne en vei rundt – den generelle skepsis som eksisterer for nye konsepter, både med tanke på risikoelementer og bruken av teknologi som ennå ikke finnes tilgjengelig. De involverte understreket blant annet viktigheten av å spre informasjon og å bygge opp en pålitelig kunnskapsbase for å skaffe den nødvendige tillit til et slikt prosjekt (Haugerud, Olsen og Muttoni, 2001). Det har imidlertid ikke blitt tatt noen beslutning på valg av trasé for den aktuelle jernbanelinjen, noe som avgjør hva som vil skje videre med planene for Luganosjøen.

I 2004 skjedde det noe som så ut til å kunne ha revolusjonerende effekt på rørbruteknologien. Det ble inngått en avtale mellom kinesiske og italienske fagmiljøer om å drive vitenskapelig og teknologisk samarbeid på rørbrufeltet, under navnet «Sino-Italian Joint Laboratory of Archimedes Bridge» (SIJLAB). Målsettingen var å bygge en fullskala prototype av en rørbru for å bevise konseptets gjennomførbarhet. Avtalepartnerne så dette som en mulighet til å fylle gapet mellom teori og realitet, og et nødvendig første steg i prosessen frem til en realisering av konseptet. Prosjektet skulle gjennomføres i Quiandaoinnsjøen i Kina, som er en kunstig

innsjø med flere tusen små og store øyer. For turismen i området er sjøen en viktig destinasjon, og SIJLAB så dermed mulighetene for at prototypen kunne bli en turistattraksjon. Selve rørbrua skulle være omlag 100 meter, og først og fremst være tilgjengelig for fotgjengere (Hong, Mazzolani og Gao, 2010).

Tiltaket førte til fornyet håp og interesse for rørbruteknologien internasjonalt. SIJLAB fant det derfor hensiktsmessig å danne et globalt forum for forskere, ingeniører og teknikere involvert og/eller interessert i rørbruteknologi, for å kunne dele og videreutvikle den eksisterende kunnskapen. I 2010 ble det avholdt en internasjonale Arkimedesbru-konferanse (ISAB 2010) hvor lokaliseringen ble satt til å være Quiandaoinnsjøen, nettopp med tanke på prototypen som her var under planlegging (Hong, Mazzolani og Gao, 2010).

I samtale med informanter kommer det imidlertid frem at det planlagte prosjektet i Quiandaoen nådde frem til prosjekteringsfasen, men deretter ble stoppet på grunn av manglende finansiering. Det blir dessuten understreket at den eventuelle prototypen ikke ville gitt erfaringstall av revolusjonerende art både fordi røret var svært kort, og fordi innsjøen, som et relativt skjermet område, ikke ville gitt brukonstruksjonen de miljømessige påkjenninger som eksisterer i andre fjorder.

Planer for fremtidige rørbruer i Norge

I forbindelse med regjeringens ambisjon om en fergefri kyststamvei på Vestlandet dukket igjen rørbrua opp som et alternativ til vurdering i norske fjorder. Flere av fjordkryssingene langs vestkysten er så utfordrende å gjennomføre at grensesprengende teknologiutvikling vil være nødvendig for å kunne realisere regjeringens målsetting. Statens Vegvesen fikk derfor i oppdrag å vurdere gevinsten av en fergefri E39, i tillegg til teknologiske løsninger, mulighet for kraftutvinning gjennom de tekniske anleggene samt ulike gjennomføringsstrategier.

Delprosjektet «Fjordkryssing» skulle vurdere de teknologiske utfordringene vi står overfor ved fergefri fjordkryssing, og hvordan disse utfordringene kan løses med ulike typer bruer.

Sognefjorden er 3,7 km bred, og ble vurdert som den mest utfordrende å krysse. Hvis en fast forbindelse over Sognefjorden viser seg mulig, vil det også være mulig å krysse de andre aktuelle fjordene. En mulighetsstudie er derfor blitt gjennomført som casestudie for teoritestning, med utgangspunkt i Sognefjorden. Fjordkryssingsgruppa vurderte tre ulike hovedkonsepter; hengebru, flytebru, rørbru og kombinasjoner av disse. Studien startet med en

konkurransepreget dialog mellom seks forskjellige konsulentgrupperinger som leverte skisser på mulige bruløsninger. Skissene ble vurdert i en avsluttende konkurranse, og vinnerne av de ulike brukonseptene leverte videreutviklede skisser på sine konsept høsten 2012. Gjennom mulighetsstudien ble det verifisert teknisk gjennomførbarhet på alle de tre konseptforslagene (Statens Vegvesen, 2012). Konseptet neddykket rørbru ble skissert av Reinertsen Olav Olsen Gruppen, og i sluttrapporten konkluderes det med følgende:

«Endeforankret dykket rørbru er vist å være et pålitelig og sikkert konsept som er velegnet til å oppfylle funksjonskriteriene gjennom den planlagte levetiden. Designprosessen har påvist gjennomførbarheten for en rørbru over Sognefjorden spesielt, og lignende fjordkryssinger generelt. (...) En overordnet risikoanalyse konkluderer med at konstruksjonen er tilstrekkelig robust for alle relevante utilsiktede og uforutsette hendelser» (Reinertsen Olav Olsen Gruppen, 2013, s. 1).

Konseptet har dermed fått fornyet potensiale som fjordkryssingsløsning. I hovedrapporten for Ferjefri E39 blir det videre anbefalt at prosjektet «Fjordkryssing» blir videreført, for å sikre at «bygging av aktuelle fjordkryssingsprosjekter kan starte opp uten forsinkelse på grunn av manglende teknologi» (Statens Vegvesen, 2012, s. 12).

Basert på informantsamtaler kan det se ut til at Bjørnafjorden (som en del av E39) for tiden anses som den mest aktuelle fjorden for en eventuell rørbru. Bjørnafjorden er imidlertid fem kilometer på det smaleste og har en dybde på ned til 650 meter. Som et førstegangsprosjekt for rørbru er dette et enormt steg å ta.

I den siste tiden har det også dukket opp en mindre forbindelse som vurderes som en mulig lokasjon for utvikling av rørbrukonseptet. Dette dreier seg om en fastlandsforbindelse til Hidra i Flekkefjord, hvor undersjøisk tunnel har vært under vurdering, men har blitt anslått som for dyrt innenfor fylkeskommunens budsjetttrammer. Undersjøisk tunnel eller andre konvensjonelle brukonstruksjoner ville ikke vært problematisk å gjennomføre på stedet, men potensialet for teknologiutvikling på rørbrufeltet har blitt fremhevet. I november 2013 gikk derfor hovedutvalget for samferdsel, areal og miljø inn for at fylkestinget skulle si seg enig i å vurdere neddykket rørbru som alternativ løsning. Hovedutvalget støttet dessuten et forslag om å bidra med finansiering innenfor budsjetttrammene som allerede var fastsatt for den planlagte fastlandsforbindelsen (Torkelsen, 2013). Kryssingen er imidlertid lokalisert utenfor det nasjonale riksvegnettet, og Statens Vegvesen er således ikke fungerende vegmyndighet. Muligheten for statlig støtte faller derfor bort, men potensielle finansierings- og samarbeidspartene søkes etter, i tillegg til støtte fra EU hvis prosjektet blir vurdert som

interessant. Hidra nevnes nå som et mulig pilotprosjekt, til tross for at det fortsatt eksisterer mye usikkerhet knyttet til gjennomførbarheten.

Periode	Fastlandsforbindelse	Utfordring	Løsning	Ferdig
1948	Karmsund (Salhus)	Kostnadsberegninger samt strømninger	Buebru med stålfagverk	1955
1960-	Horten-Jeløya	Begrenset trafikkgrunnlag, fjordlengde, vanntemperatur	Opprettholdt fergesamband	
1960-	Kristiansund	Svært krevende strekning. Konvensjonell brute teknologi ikke tilstrekkelig. Muligheten for undersjøisk tunnel ble for første gang bragt på banen.	Undersjøisk tunnel	1992
1960-	Askøy	Svært krevende strekning. Lagt stor vekt på risikoen tilknyttet rørbrukonseptet. Psykologiske aspekter knyttet til rørbru trukket frem for første gang.	Hengebru	1992
1973	Eidfjord (Hardanger)	Svært krevende strekning. Rørbru vurdert som konkurransedyktig. Utvikling i hengebruteknikk fant sted.	Hengebru	2013
1970-	Messinastredet	Høy seismisk risiko. Må tilrettelegges for jernbane.	Ingen beslutning tatt (planlagt hengebru)	
1985	Høgsfjorden	Lokalpolitisk uenighet om trasévalg. Kraftig utvikling i tunnelteknikk.	Undersjøisk tunnel	Under konstruksjon
1990-	Honshu- og Hokkaido-øyene	Ingen informasjon	Ingen informasjon	

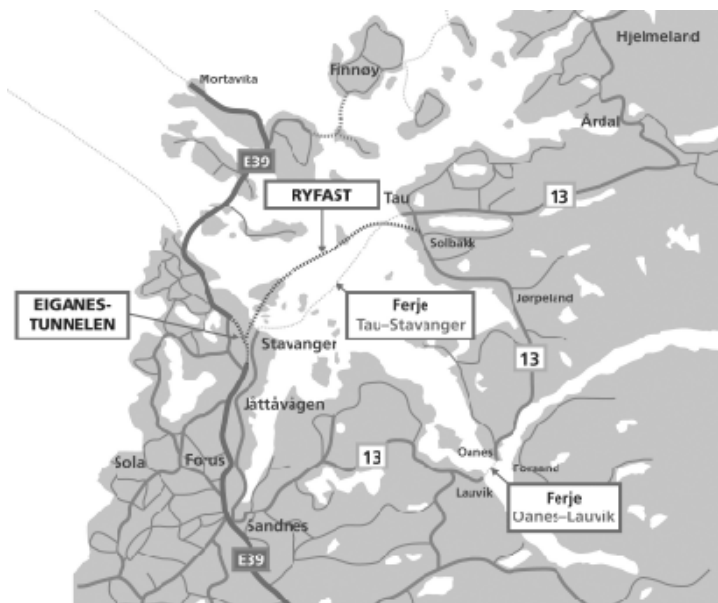
2000-	Luganosjøen	Rørbru gunstig for å bevare naturområder. Ingen beslutning tatt ang trasevalg.	Ingen beslutning tatt
2004	Quiandaosjøen	Finansiering. Vil ikke gi nyttige erfaringstall for vurdering av rørbruer andre steder.	Skrinlagt
2010 (som oppdrag til SVV)	Ferjefri E39 (Inkluderer Sognefjorden, Bjørnafjorden, med fler)	Svært krevende strekninger. Behov for grensesprengende teknologiutvikling.	Ingen beslutning tatt
2013	Hidra	Finansiering (situert på fylkesvei)	Ingen beslutning tatt

Figur 4: Oversikt over fastlandsforbindelser, utfordringer og valgte løsninger

3.1.1 Høgsfjordprosjektet

Høgsfjordprosjektet var planen om en fastlandsforbindelse for å knytte sammen Ryfylke og Nord-Jæren utenfor Stavanger. Prosjektet beskrives som en av de mest komplekse og omstridte samferdselssakene som har vært i Norge de siste 30 årene. Informasjonen i dette avsnittet er basert på samtaler med de av mine informanter som har vært involvert i prosjektet fra myndighetssiden og som faglig ekspertise, i tillegg til en journalist fra en av de mest sentrale lokalavisene. Jeg har dessuten gjort et dypdykk i arkivet til Rogalands Avis i forbindelse med perioden desember til april, 1998. På denne tiden nærmet det seg beslutningsfase i Fylkestinget, og teknologidebatten som utspilte seg i lokalavisen gir et godt innblikk i den pågående striden.

Prosjektet kom på banen da fylkeskommunen i Rogaland på begynnelsen av 80-tallet startet arbeidet med en transportplan for Ryfylke, hvor et av hovedelementene var å etablere en ferjefri forbindelse over Høgsfjorden. Denne skulle erstatte ferjesambandet Lauvvik – Oanes (se figur 5).



Figur 5: Kart over Rogaland med dagens fjordkryssinger (Prop. 109 S (2011–2012)).

De lokale myndighetene etablerte selskapet Høgsfjordbruene AS som skulle sikre finansiering i tillegg til bompengedriften av den forespeilte fastlandsforbindelsen. Medlemmene av selskapet var kommunene Suldal, Hjelmeland, Strand, Forsand, Sandnes, Stavanger og fylkeskommunen.

På det planlagte brustedet er Høgsfjorden omkring 1400 meter bred og 155 meter dyp. Med slike forhold og med tilgjengelig teknologi på daværende tidspunkt, var det klart at en konvensjonell fjordkryssingsløsning med eksempelvis hengebru eller flytebru ville bli svært kostbart, eller innebære naturinngrep som ikke var akseptable. På grunn av dybdeforholdene ville heller ikke undersjøisk tunnel la seg gjøre. En neddykket rørbru ble derfor ansett som et realistisk alternativ (Skorpa, 2009; Skorpa og Østlid, 2001). At oljesektoren allerede var godt etablert i regionen, var en ekstra drivkraft for å prøve ut konseptet. Betongproduksjon var eksempelvis en viktig industri. Gjennom bygging av verdens første rørbru så en derfor muligheten for å etablere regionen som eksportør av rørbru både som teknologi og produkt.

I 1987 ble transportplanen for Ryfylke vedtatt. På dette tidspunktet hadde neddykket rørbru blitt vurdert som det beste alternativet for fjordkryssingen, både ut fra de stedlige forhold og som et pilotprosjekt for teknologiutvikling (Skorpa, 2009). Vegdirektoratet startet dermed et omfattende FoU-prosjekt som skulle utrede konseptet videre for Høgsfjorden, i tillegg til å igangsette en konseptdesignkonkurranse hvor fire av Norges ledende entreprenørselskaper skulle delta. Dette var Moss Rosenberg Verft, Norwegian Contractors (NC), Selmer Furuholmen Anlegg og Eeg-Henriksen (Skorpa, 1989). NC hadde utviklet condeep-plattformene som ble benyttet for produksjon av olje og gass i Nordsjøen fra 1973, og var derfor en solid aktør innen offshorevirksomhet. Entreprenørselskapet blir beskrevet som å ha vurdert en neddykket rørbru som ikke å være problematisk siden konseptet var basert på teknologi allerede kjent og benyttet i plattformene. Da det ikke eksisterte praktiske erfaringer med rørbrukonseptet, måtte det likevel utføres tester for beregning av dynamiske krefter og strukturens bevegelser. Fire rørbruforslag ble siden utarbeidet av entreprenørselskapene, med detaljerte beskrivelser av konseptet og hvordan konstruksjons- og installasjonsprosessen skulle gjennomføres (Skorpa, 2009).

I forbindelse med forslagene hadde det blitt gjort foreløpige kostnadsoverslag med resultater som gjorde at neddykket rørbru ble vurdert som økonomisk konkurransedyktig. Etter en vurdering av Vegdirektoratet i 1990 ble alle de fire forslagene også godkjente som teknisk gjennomførbare løsninger for Høgsfjordkryssingen, og ble lagt til grunn for videre vurdering (se vedlegg 3) (Skorpa, 1989). Det ble deretter bevilget penger fra Stortingets Samferdselskomite til utføring av prøvestøp og videre testing.

I regionen fantes det imidlertid også kritiske stemmer til Høgsfjordprosjektet. Ryfylke var delt mellom de som ønsket Høgsfjordkryssingen og de som ønsket å opprettholde

ferjesambandene - eller at en eventuell fastlandsforbindelse skulle føre trafikken inn i bykjernen i Stavanger gjennom en direktelinje fra Tau (se figur 5). Særlig pendlere som var bosatt i den indre og nordre delen av Ryfylke, og som hadde arbeidsplassen sin i Stavanger eller på Forus (et stort næringsområde utenfor Stavanger/Sandnes), gjorde seg synlige i debatten, og argumentasjonen dreide seg om forlenget reisevei og miljøkostnader. Regionhovedstaden Stavanger utviklet seg etter hvert også til å bli en sterk motstander av Høgsfjordprosjektet. Næringsforeningen så faren ved å miste kunder hvis trafikken skulle ledes utenom bykjernen, og konkurransen fra Sandnes var et latent tema. Interesser knyttet til intern befolkningsproblematikk i området gjorde også at Stavanger ønsket traséen som var nærmest i lokasjon. På denne måten kunne befolkningsveksten kontrolleres etter byens behov. Kommunene Sandnes og Strand ønsket imidlertid at den fremtidige befolkningsveksten skulle skje sørover, og derfor ville Høgsfjorden være en gunstig plassering for fastlandsforbindelsen. Informasjonen kommer frem av samtaler med mine informanter med nær tilknytning til prosjektet og samferdselsdebatten.

De ulike interessene gjorde at det dannet seg en solid gruppe motstandere som mobiliserte kraftig mot Høgsfjordprosjektet. Teknologidebatten utspilte seg i lokalavisene, særlig Rogalands Avis og Stavanger Aftenblad. Motstanderne av rørbrua trakk frem alle de argumentene som tradisjonelt hadde vært brukt mot konseptet: usikkerhet rundt den nye teknologien, faren for kostnadssprekk og miljøhensyn. I Rogalands Avis kunne en blant annet lese uttalelser fra professor Arild Hervik, som var svært kritisk til hvordan Vegdirektoratet hadde risikovurdert kostnadene ved prosjektet.

«Høgsfjordprosjektet er basert på utvikling av ny teknologi. Ved gjennomføring av slike prosjekter vil det alltid være en ulempe å være først ute. [...] Det som overrasker meg her er at vegsjefen kjører etter Vegdirektoratets standardmal i et teknologisk nyskapende prosjekt som dette. All erfaring tilsier at slike prosjekter koster mer og tar lenger tid enn planlagt» (sitert i Berge, 1998).

Tilhengerne på sin side argumenterte for Høgsfjord-røret ved å vektlegge trafikkbelastningsaspektet - som gikk på at det var en klar fordel å spre trafikken *før* den kom inn i bykjernen i Stavanger slik at de gjennomreisende ikke belastet sentrumsområdene. Teknologiutvikling og gevinsten av dette var dessuten en av de sterkeste drivkreftene for prosjektet lokalpolitisk, med ideen om å skape et industriprodukt av rørbruteknologien samt nye arbeidsplasser som en naturlig følge. I lokalavisene ble det imidlertid ofte hevdet at flertallet i regionen ikke ønsket seg Høgsfjordkryssingen. Ifølge mine informanter var det

likevel et klart politisk flertall - særlig i kommunene Strand og Forsand i Ryfylke, i tillegg til Sandnes.

«Vi opplevde jo når vi reiste inn til departementet for å snakke *for* prosjektet at det var folk som reiste på neste fly etter oss og snakket *mot* prosjektet. Og de påstod jo selvfølgelig at de representerte flertallet - men det politiske flertallet var det aldri tvil om. Jeg var ordfører i flere perioder og jeg vet jo hvor det politiske flertallet lå. Det ble bekreftet i stemmegivning hver uke» (Informant7, personlig samtale, 2014).

Høgsfjordprosjektet utviklet seg derfor til å bli en hard lokalpolitisk strid, og som en følge lot avgjørelser knyttet til fastlandsforbindelsen vente på seg. Det ble etterspurt og gjennomført flere kvalitetssikringer og miljøkostnadsberegninger som dro prosjektet ut i både tid og pris. Til å begynne med var kostnadsanslaget for Høgsfjordkryssingen beregnet til 550 millioner kroner, men den lange planleggingsprosessen fordyret prosjektet og gjorde at anslaget tilslutt hadde steget til godt over en milliard.

Den 10. mars 1998 skulle det imidlertid stemmes om den endelige avklaringen for prosjektet i Fylkestinget. Debatten tilspisset seg i lokalavisene i månedene før avstemmingen, med harde argumenter fra både tilhengere og motstandere. Flere alternative løsninger ble dessuten dratt frem i media for å illustrere at Høgsfjord-røret ikke nødvendigvis var den beste løsningen. Miljøargumentet ble også sterkt imøtegått da det viste seg at en miljøutredning gjennomført av Teknisk Institutt var basert på dårlig gjennomførte bakgrunnsundersøkelser. Opprettholdelse av ferjedriften kom dermed enda dårligere ut enn nødvendig i en beregning av hvor mye forurensende utslipp ferge drift ville medføre sammenlignet med en fast forbindelse. Hendelsen var som bensin på bålet for motstanderne.

«I et milliardprosjekt, som vil få store konsekvenser for både trafikkmønsteret i Ryfylke og videre utbygging av veinettet i hele fylket i mange år fremover, kan man ikke ta noen sjanser. At rørbruene krever en spiss teknologi, som vil skaffe norske ingeniører og veimyndigheter berømmelse i hele verden, er vel og bra. Men her er ikke dette det viktigste argumentet. Et slikt prosjekt må være tjenlig for fylkets befolkning, og den beste løsningen, sikkerhets-, samfunns-, og miljømessig (...)» (Gudlaugsson, 1998b).

Til tross for den kraftige mobiliseringen fra motstanderne fikk Høgsfjordkryssingen flertall med 37 mot 34 stemmer. Med disse resultatene var det dermed bestemt at fylkestinget gikk inn for å realisere prosjektet. Det som hadde tippet i rørbruas favør var Arbeiderpartiets utbrytere som stemte mot eget parti. Ap hadde på forhånd vedtatt bundet stemmegivning for sine medlemmer, noe som av noen ble ansett som udemokratisk. Endelig beslutningsinstans var imidlertid Stortinget, og til tross for flertall i fylkestinget ble ikke prosjektet prioritert fra sentrale hold. I stedet ble det igangsatt en ny konsekvensutredning i 2000 for alternative

løsninger for fastlandsforbindelsen. Konsekvensutredningen vurderte flere ulike muligheter, blant annet oppgradert ferjetilbud, rørbru og flere tunnelloøsninger. Konsekvensutredningen ble fremlagt i 2001, med anbefalingen om at Ryfastforbindelsen med undersjøisk tunnel gav best måloppnåelse og samfunnsøkonomisk lønnsomhet (Statens Vegvesen, 2001). Forslaget som ble presentert var en råttunnel som var kostnadsberegnet til kun 700 millioner kroner. Undersjøisk tunnel hadde på dette tidspunkt blitt en velutviklet og effektiv teknologi i sterk vekst, noe som ble brukt av opposisjonen mot Høgsfjordprosjektet. Sterke ytringer kunne leses i Rogalands Avis:

«Faren for overskridelser [med Ryfasttunnelen] er også mindre fordi det er langt færre usikkerhetsmomenter ved bygging av en vanlig undersjøisk tunnel enn en rørbru. Motstanderne av rørbrua spør seg selv om de skal betale dyrt, både i reisetid, penger og usikkerhet for at pionerkåte ingeniører skal få realisert et prestisjetungt pilotprosjekt i tilknytning til deres hjembygd» (Gudlaugsson 1998a).

Kampen om Høgsfjordprosjektet hadde på denne tiden pågått i langt over et tiår, og slik informantene beskriver det, begynte utmattelsessyndromet å merkes. De oppsiktsvekkende, nye resultatene som viste at det var mulig å realisere en fastlandsforbindelse med undersjøisk tunnel til både lavere kostnader og mindre risiko gjorde ikke kampen enklere. Stavanger Aftenblad, som gjennom prosessen hadde vært positive til rørbruforslaget, endret sine holdninger etter at de nye mulighetene kom på banen. Den tapte støtten beskrives som et nederlag. Stavanger, som til nå hadde vært medlem av Høgsfjordbruene AS, meldte seg også på denne tiden ut av selskapet og begynte å jobbe direkte for Ryfastforbindelsen. Denne løsningen, kombinert med et forslag som var lagt frem om at tunnelen skulle gå om Hundvåg (øy utenfor Stavanger – se figur 5), ville være en positiv tilleggseffekt for Stavanger da dette ville avløse den overbelastede bybrua. Slik kunne videre utbygging skje på Hundvåg uten problem - og til fordel for Stavanger som slet med arealmangel. I 2002 ble konsekvensutredningen godkjent av Vegdirektoratet, og i Fylkestinget ble det vedtatt en fylkesdelplan for areal- og transport i Ryfylke hvor Ryfasttunnelen var den anbefalte løsningen. Høgsfjord var ikke lenger en del av planene for realisering av fastlandsforbindelse (Statens Vegvesen, 2001), og dette må derfor ses som skrinleggingen av rørbruprosjektet i Rogaland.

I gjennomgangen av Høgsfjordprosjektet har det vist seg at stridighetene rundt prosjektet til syvende og sist ikke handlet om valg av kryssingsteknologi, men om de politiske aspektene av plassering, demografi og kostnad. I samtale med mine informanter, både

myndighetspersoner og fagekspertise, uttrykte de ingen skepsis til at rørbrua teknisk sett var mulig å gjennomføre på denne lokasjonen. Mulighetene for teknologiutvikling i regionen var dessuten en sterk drivkraft, og det fortelles at de involverte entreprenørene var svært entusiastiske og selv gikk inn med store beløp for å muliggjøre konseptet. Fylkesordføreren beskriver det videre som at det var lokalpolitikken som felte rørbru-prosjektet - ikke sterke brute teknologiske interesser. «Det ble en utmattelseskrig. Du førte krig på alle fronter. Det var ikke spørsmålet *hva* det var, det var spørsmålet om du var for eller imot Høgsfjord» (Informant6, personlig samtale, 2014).

Det var imidlertid interessant å snakke med informantene om hvilken rolle usikkerheten rundt uprøvd teknologi hadde spilt i stridighetene. På mitt spørsmål om informantene opplevde skepsis knyttet til teknologien (sett bort fra fagekspertisen) svarte beslutningstakerne at de aldri på folkemøter hadde hatt behov for å overbevise om at rørbru var gjennomførbart. De hadde heller ikke merket noen forsøk på å så tvil om konseptet. Underveis i samtalen kom imidlertid informant8, med rolle som journalist og politiker, innom møterommet. På samme spørsmål svarte informanten klart «ja» på at usikkerhet til ny teknologi hadde gjort seg gjeldende. Informanten beskrev videre hvordan denne ble brukt for å tippe debatten i favør av opposisjonen.

«Men at de som var for Ryfast brukte teknologiargumentet og usikkerheten - det er det ingen tvil om. Og det ble brukt enda bedre når tunge fagfolk kom og gav vann på mølla. Så det var en viktig del av debatten og en medvirkende årsak til at prosjektet tilslutt ble senket. Jeg er ikke i tvil om det» (Informant8, personlig samtale, 2014)

Informant6 justerte seg noe etter denne uttalelsen, og åpnet for at dette kunne ha vært et aspekt i striden. Også i lokalavisene var det tydelig å se at usikkerhet særlig knyttet til kostnadssprekk (som en følge av uprøvd teknologi) var et tema, noe som allerede er vist gjennom sitat tidligere i kapittelet.

Et annet aspekt som ble trukket frem av myndighetspersonene er effekten av en tunnelskandale i Ålesund som hadde skjedd litt før Høgsfjordprosjektet. Dette var et massivt prosjekt som ikke ble godt nok økonomisk fundamentert, og endte i konkurs. Informantene mener at dette kan være en grunn til en mulig skepsis til å sette i gang tilsvarende pionerprosjekter. Det ble videre uttrykt at Vegdirektoratet kunne ha gitt tydeligere oppbakking til rørbruprosjektet, og at direktoratet ble oppfattet som noe passivt.

Høgsfjordprosjektet ser ut til å ha blitt avsluttet, ikke som en følge av å ha kommet dårlig ut på teknologivurdering, men som en følge av motvirkende sosiale prosesser. De involverte fagekspertene vektla tekniske og økonomiske faktorer for å skape oppslutning rundt rørbrua, i tillegg til myndighetenes håp om å skape industrivekst. For lekfolk er det andre forhold som spiller en sentral rolle for valg av fjordkryssing; nemlig miljø, bytrafikk og befolkningsvekst. Det mest avgjørende for fremtidige brukere av en fjordkryssing synes å være å komme seg fra A til B på en rimelig og mest mulig effektiv måte. Metoden for å gjøre dette er irrelevant. Å oppnå sosial aksept for utprøving av ny teknologi basert på teknisk-økonomisk argumentasjon kan derfor være vanskelig, og Høgsfjordprosjektet ble utsatt for særdeles sterke lokale interessegrupper. Forslaget om undersjøisk tunnel ble derfor mer politisk slagkraftig ved at det kunne tilfredsstille sosiale behov, i tillegg til å være et «trygt» og kostnadseffektivt alternativ.

3.2 Teknologiske regimer og dominant design

Teknologiske regimer

Som beskrevet innledningsvis legger dette kapittelet vekt på temaet teknologisk konkurranse og implikasjonene ved å introdusere ny teknologi. Tendensen til at gamle og velprøvde teknologier vinner over de nye og uprøvde har blitt eksemplifisert i gjennomgangen av rørbrukonseptets utvikling. Dette avsnittet vil belyse forholdet fra et teoretisk ståsted.

Situasjonen kan beskrives som å oppstå ved at teknologiske, sosiale og institusjonelle forhold forsterker en bestemt teknologiutvikling som blir styrket og stadig mer effektiv. Dette kan betegnes som en form for stivhengighet, eller «lock-in», som gjør teknologisk endring krevende (Fagerberg, 2005; Unruh, 2000).

“In general, the limits on technological change lie not with science and technology, which tend to evolve much faster than governing institutions, but rather with the organizational, social and institutional changes that allow the diffusion of new technological solutions” (Unruh 2002, s. 318).

I innovasjonsfeltet forklares stivhengighet som en effekt av såkalte dominerende teknologiske regimer. Regimelitteraturen er inspirert av Thomas Kuhn (1962) og hans

«vitenskapsparadigmer». Kuhn's tankegang var at vitenskapen utvikler seg gjennom en rekke stabile perioder som tidvis blir brutt av brutale omveltninger. I de stabile periodene, som han kalte "normalvitenskap", eksisterer det allmenn enighet om vitenskapsforståelsen innenfor et felt, og vitenskapelige problemer og vitenskapelige løsninger blir definert ut fra den etablerte forståelsen. «These I take to be universally recognized scientific achievements that for a time provide model problems and solutions to a community of practitioners» (Kuhn, 1962, s. VIII). Før eller siden vil imidlertid normalvitenskapen komme i en form for krise som gir rom for nye tankesett, og som kan lede frem til det Kuhn kalte «paradigmeskifte».

Inspirert av vitenskapsparadigmene beskriver innovasjonslitteraturen hvordan samfunnet utvikler seg gjennom lange bølger av teknologisk stabilitet, som før eller siden blir brutt av radikale eller disruptive innovasjoner som endrer etablerte samfunnsstrukturer. Den teknologiske stabiliteten skapes av såkalte dominerende teknologiske regimer, som Dosi (1982) beskriver på følgende måte:

In broad analogy with the Kuhnian definition of a "scientific paradigm", we shall define a "technological paradigm" as "model" and a "pattern" of solution of selected technological problems, based on selected principles derived from natural sciences and on selected material technologies [...] It would perhaps be better to talk of "cluster of technologies", e.g. nuclear technologies, semiconductor technologies, organic chemistry technologies, etc. (Dosi 1982, s. 152).

Ut fra denne forståelsen er dominerende regimer styrende for hva som oppfattes som relevant teknologiforståelse i en gitt periode. Problemer og løsninger defineres ut fra den dominerende tankegangen og fastslår hvilke utviklingsmuligheter som er aktuelle innenfor et felt (Dosi 1982). Nelson og Winter (1977) beskriver det i form av teknologiske baner som retter søkelyset mot bestemte utviklingsretninger, og gir retningslinjer for hvilke metoder som bør benyttes for å oppnå progresjon.

Et teknologisk regime konstituerer seg i form av nettverk av ressurser, kunnskap og teknologi som fungerer som komponenter innrettet mot å utvikle regimets potensiale. Også forskningsinstitusjoner, næringsliv og det politiske miljøet innretter seg etter den dominerende teknologiforståelsen. Dette skaper en selvforsterkende effekt som fører til at regimet kan styres av sitt eget momentum. Begrepet momentum er hentet fra Thomas Hughes, og beskriver hvordan en teknologi, etter hvert som den blir mer og mer effektiv, kan bli så integrert i samfunnet at den legger føringer på samfunnsstrukturen (Hughes, 1983). Som en følge av denne stiavhengigheten, som både skaper muligheter for noen teknologier innenfor

det eksisterende regimet, men også begrensinger for nye ideer og innovasjonsaktivitet, har regimet en såkalt treghet eller inertia. Inertia defineres som motstand mot nye måter å gjøre ting på. Ifølge Schumpeter er inertia utbredt på alle samfunnsnivåer, og er derfor med på å true alle nye initiativ. Slik Schumpeter selv beskrev det: “the forces of habit raise up and bear witness against the embryonic project” (Schumpeter 1934, sitert i Fagerberg 2005, s. 9). Teknologiske løsninger som skiller seg fra det etablerte regimet vil nødvendigvis velges bort (Hanson, Kasa og Wicken, 2011). Regimer og teknologiske baner er således en måte å beskrive teknologiske fremskrittets kumulative natur. Teorien viser kompleksiteten knyttet til teknologisk endring samt utfordringene i å bryte med en allerede etablert infrastruktur.

Dominant design

En annen teoretisk innfallsvinkel for å beskrive teknologisk konkurranse og utfordringene som ligger i teknologisk endring, er etablering av såkalte «dominante design». Ideen om dominant design ble introdusert av Abernathy og Utterback i 1975, og er også tett knyttet til regimelitteraturen presentert over.

Utviklingen av det dominante design skjer gjennom en naturlig seleksjonsprosess. I et produkts tidligfase vil det eksistere ulike varianter av teknologien som konkurrerer mot hverandre. I samspillet mellom disse vil gradvis en design fremtre som den dominerende, og andre varianter faller fra (Utterback, 1996). Både teknologiske, sosiale og institusjonelle faktorer har en innvirkning på prosessen, og det er ikke nødvendigvis den beste løsningen som vinner frem. I mange tilfeller kan det være tilfeldigheter som gjør at en design får dominans. Arthur og David (sitert i Nelson, 1995) beskriver dette som en kumulativ prosess ved at jo mer en teknologi blir brukt, desto større blir dens legitimitet fremfor sine konkurrenter. Vanlige eksempler på dette er utviklingen av QWERTY-tastaturet. QWERTY ble i utgangspunktet utviklet for skrivemaskiner, men tastaturet har fortsatt å være det dominante designet også inn i datamaskinens tidsepoke - til tross for at det ikke nødvendigvis er det mest ergonomiske alternativet. Eksempelen illustrerer hvordan innovasjonsprosessen blir kanalisert rundt et sett kjerneprosesser, på linje med Nelson og Winters (1977) idé om teknologiske baner (David, 1985; Utterback, 1996; Tidd og Bessant, 2010).

I det en dominant design etableres, bremses også behovet for produktinnovasjon og fokuset skifter i stedet til å dreie seg om bedre metoder og prosessinnovasjon (Utterback 1996, Nelson 1995). For å se dette i sammenheng med brufeltet kan vi si at med de etablerte løsningene som eksisterer, vil det ikke være nye konsepter for brukonstruksjoner som vies mest oppmerksomhet. I stedet fokuseres det på å drive en stadig forbedring av allerede etablerte metoder gjennom inkrementelle innovasjonsprosesser, for å oppnå både spesialisering og kostnadsreduksjon.

Konkurranseforholdet i brufeltet

Først og fremst er det verdt å påpeke hvordan rørbrukonseptet skiller seg ikke bare teknisk, men også estetisk fra konvensjonelle metoder. Ei bru blir tradisjonelt oppfattet som en konstruksjon som skal krysse fjorden *over* vannet. Klassiske eksempler er hengebruer, platebruer og fritt frambygg-bruer, som alle er konstruksjoner som strekker seg over vannet fra den ene siden til den andre. Ei rørbru vil derimot krysse *under* vannet, og skiller seg også fra undervannstunnel i at den ikke er understøttet av havbunnen eller i fjell, men derimot bruker oppdrift til å holde seg flytende. Ei rørbru utfordrer derfor det en må anse som brukonstruksjoners dominante design.

Påstanden i denne oppgaven er at det eksisterer nettopp slike dominante design som skaper stiavhengighet i den bruteknologiske utviklingen. For kryssing av brede og dype fjorder – tilfeller hvor rørbrua har vist seg særlig fordelaktig – er det stadig de konvensjonelle kryssingsmetodene som blir valgt, og blant disse står hengebrua i en særdeles sterk posisjon. Prinsippet med hengebruer er kjent fra gammel tid. Gjennombruddet med den «moderne» hengebrua kom imidlertid på begynnelsen av 1800-tallet, og siden dette har konstruksjonen gjennomgått en rekke inkrementelle innovasjoner som har forbedret konseptet i tillegg til å tilpasse det ulike forhold. I Norge har «den myke hengebrua» blitt utviklet, som i en periode viste seg mest gunstig for norske forhold (Øderud og Nordahl, 2013), i tillegg til de slanke hengebruene med kun tofelts kjørebane på relativt lange spenn (som beskrevet i kapittel 3.1). Hengebrua med den lengste spennvidden i Norge er Hardangerbrua med 1310 meter. På verdensbasis er det Akashi-Kaikyo i Japan som er lengst, med spennvidde på 1991 meter (Olsen, 2008). I mulighetsstudien for Sognefjorden ble det dessuten konkludert med at det vil være teoretisk mulig å krysse Sognefjorden (3700 meter) med hengebru. Kompetanse og

erfaring har derfor gradvis bygget seg opp på hengebrufeltet, og metoden har blitt et velfungerende system med sterke aktører i både privat og offentlig sektor. Teknologien er høyt utviklet gjennom stadige inkrementelle innovasjoner, og med tanke på de mange hengebruere som eksisterer i verden i dag, har det vært et stort marked for teknologien.

Hengebruteknologien har historisk vært den største konkurrenten til rørbrua, og fra 1980-tallet har også undersjøisk tunnel blitt en viktig utfordrer. Flytebrua må også anses som en konkurrent, men har foreløpig ikke etablert en like sterk posisjon. Rørbruas utfordring ligger derfor i å klare å konkurrere mot disse etablerte metodene, for selv å kunne vokse frem som et velfungerende system; og dermed være et alternativ til fremtidige fjordkryssingsløsninger.

Konvensjonelle metoders dominerende posisjon blir tydelig i situasjonene hvor konvensjonell bruteknologi har havnet i en form for «krise». Med krise menes det at samfunnsmessige målsettinger bare er mulig å nå med en eller annen form for teknologiutvikling.

Fastlandsforbindelse til Kristiansund og Eidfjord er eksempler på tilfeller hvor konvensjonell bruteknologi har havnet i en form for krise, ved at etablerte løsninger ikke var tilstrekkelige for å krysse de aktuelle fjordene innenfor rimelige budsjettammer. Sundet som skiller Kristiansundområdet fra fastlandet er over 2 kilometer på sitt smaleste, noe som på den tiden var en strekning dobbelt så lang som det lengste eksisterende (frittstående) bruspenet. I tillegg var det også et fremvoksende ønske om å forbedre stamvegnettet i Norge, som stort sett var dominert av øst/vest-forbindelser. For dette formålet måtte en finne løsninger som gjorde strekningen mellom Stavanger og Trondheim fergefri (Fyksen, 1985). Når en slik krise oppstår blir det nødvendig å søke etter alternative løsninger, som potensielt kan gi rom for nye teknologiske tankesett. Ulike aktører vil satse på konkurrerende teknologiske alternativ (Dosi, 1982), og i dette tilfellet ble blant annet rørbrua et aktuelt konsept å vurdere.

«Hvor ingen av de andre foran nevnte løsninger kan nyttes [...] er det naturlig at man søker etter andre utveier. En slik løsning er det sivilingeniør Eirik Ødegård har lansert i sitt foredrag. Det er riktig som angitt at det her gjelder en ennå ikke benyttet løsning. Men alternativet har vært diskutert for andre prosjekter» (Bergen Havneingeniørkontor og Kommunens statiker og konsulent i jernbetong. 1963).

Situasjonen var derfor slik at konvensjonell brumetode hadde sitt regime bygget opp av sterke aktører og institusjoner, men høy grad av teknologiutvikling var nødvendig. Rørbrua på sin side kom opp som et nytt konsept med en stadig økende tilhengergruppe av fagfolk.

Undersjøisk tunnel ble dessuten vurdert som en aktuell fjordkryssingsløsning, men som for

rørbrua eksisterte det lite kompetanse på området på dette tidspunktet. Et annet konsept som dukket opp var flytebrua, men heller ikke her var det et godt kompetansegrunnlag.

Søk etter ny teknologi er imidlertid en prosess preget av stor grad av usikkerhet da det er svært vanskelig å forhåndsvurdere om en teknologisk bane er bedre enn en annen. Så lenge den nye teknologien heller ikke vurderes som en fremtidig dominerende design, vil forslag raskt bli forkastet til fordel for utvikling av kjente metoder som ikke innebærer like mye risiko (Katz og Shapiro, 1985, i Unruh, 2000). Dosi (1982) hevder eksempelvis at teknologiske retninger blir valgt gjennom kompleks interaksjon mellom økonomiske og institusjonelle faktorer. Dette kan være politiske interesser, tidligere innovasjoner på feltet, kostnadsaspekter og lignende.

Med utgangspunkt i Dosi sin argumentasjon måtte rørbrua vise seg fordelaktig å satse på både økonomisk og teknologisk for at den skulle ha mulighet for å vinne søkeprosessen; noe rørbrua ikke klarte å gjøre. Den teknologiske frontlinjen lå langt bak de konvensjonelle metodene, og en overgang til rørbrukonstruksjoner ble ansett både som risikabelt og kostbart. Usikkerheten som var knyttet til både kostnadsberegninger, sikkerhetsaspekter samt selve byggeprosessen gjorde satsing lite attraktivt, til tross for mulige gevinster på lang sikt. I stedet mobiliserte aktørene innenfor konvensjonelle metoder, og det ble lagt vekt på å videreutvikle den allerede kjente teknologien. Som løsning på fastlandsforbindelse til Eidfjorden var det derfor hengebru som vant frem. Nyvinninger på feltet dukket opp på begynnelsen av 80-tallet etter at Vegdirektoratet i samarbeid med NTH og SINTEF hadde gjort teoretiske og eksperimentelle undersøkelser på lange, smale hengebruers stabilitet, og kom frem til at det «for de fleste steder i landet er mulig å konstruere smale bruer med tilstrekkelig sikkerhet mot havari for spennvidder helt opp mot 1200 meter» (Tambs-Lyche, 1985, s.21). Hardangerbrua ble åpnet i 2013, og er hittil den lengste hengebrua i Norge.

For fastlandsforbindelsen til Kristiansund var det imidlertid ikke hengebru, men undersjøisk tunnel som ble den endelige løsningen. Flere steder internasjonalt hadde det blitt bygget undersjøiske tunneler tidligere, og i Nederland hadde det utviklet seg kompetanse på senketunneler (Tambs-Lyche, 1985). Arbeidet internasjonalt gjorde at kompetanse var mulig å innhente fra andre fagmiljø og dermed redusere usikkerhet knyttet til slike prosjekt i Norge. Den første undersjøiske tunnelen åpnet, som nevnt, i 1982, og må ses som gjennombruddet i norsk undersjøisk tunnelteknikk. Tunnelen var en umiddelbar suksess, og flere og lengre undersjøiske tunneler ble planlagt og gjennomført uten videre komplikasjoner. På grunn av

denne positive utviklingen vokste tunnelteknikk seg til å bli et komplement til brute teknologien, og kunne by på løsninger der konvensjonelle brukonstruksjoner ikke var gjennomførbare (Flaate og DiBiagio, 2001).

For å vende tilbake til de teoretiske begrepene kan vi si at undersjøisk tunnel utviklet seg til å bli en ny dominant design, ved siden av hengebrua, for å krysse brede og dype fjorder. Tunnel som dominant design er imidlertid ikke noe nytt, men må forstås som en videreføring av et gammelt dominerende design på en annen del av veitransport – nemlig fjelltunneler på land. Undersjøisk tunnel som fjordkryssingsmetode er på denne måten kun en forflytning av et allerede etablert konsept for å løse et «nytt» teknologisk problem. Vi kan derfor si at løsningen ble definert ut fra tunnelteknologi som et dominerende regime innen veitransport på land, og innebar kun en utvidelse av regimet til et nytt transportfelt. Kunnskap, institusjoner og ressurser tilknyttet teknologien var allerede på plass, noe som gav teknologien legitimitet som fjordkryssingsmetode. Med egenskapene iboende i tunnelkonstruksjonen kunne regimet bli komplimenterende til hengebruregimet, noe som på nytt satte rørbrua i skyggen og skapte enda høyere barrierer for gjennomslag.

I forbindelse med Ferjefri E39 har rørbrua på nytt kommet på banen. Igjen har den teknologiske status kommet i en krise som gjør det nødvendig å finne nye løsninger for å nå regjeringens målsettinger. Rørbrua er aktuell, sammen med ulike kombinasjoner av flytebruer, hengebruer og tunnel. Konseptets teknologiske frontlinje ligger imidlertid fortsatt langt bak de konvensjonelle bru- og tunnelmetoder. Det er også tydelig ut fra prosjektgjennomgangen at rørbru som forslag har blitt stoppet før det har vært mulig å gjøre en faktisk og reell vurdering av konseptets brukbarhet. For at konseptet kan nå et utviklingsstadium som reelt vil kunne vurderes opp mot andre alternativ er det derfor nødvendig å skape en form for teknologisk eller konseptuell modning. Spørsmålet blir derfor hva som skal til for at rørbrua kan komme forbi stadiet av kun å være et håpefullt monster i brufeltet. Ut fra denne oppgavens perspektiv ligger mulighetene i utviklingen av teknologiens innovasjonssystem. De resterende kapitlene vil dermed søke å gjøre en teoretisk og analytisk undersøkelse av hva som skal til for at rørbrua kan tas i bruk i (nær) fremtid.

3.3 Oppsummering

Kapittelet har tatt for seg rørbruas historie og fremvekst ved en systematisk gjennomgang av arbeidet og satsingene på feltet. Kapittelet har i tillegg vist hvordan konseptet har blitt fremmet som mulig løsning på en mengde planlagte fjordkryssinger men stadig blitt valgt bort som en følge av etablerte metoders dominerende posisjon. Teoriene beskrevet om dominante design og teknologiske regimer har blitt koblet til det empiriske materialet, i et forsøk på svare på oppgavens første problemstilling: i) Hvorfor har rørbruteknologien inntil nå ikke blitt tatt i bruk? Dominante design og teknologiske regimer beskrives som å bidra til å skape stiavhengighet i den bruteknologiske utviklingen. Det er imidlertid nødvendig å påpeke hvordan rørbruforslagene har blitt stoppet før de har rukket og nå frem til en faktisk og reell vurdering. En utvikling av teknologien til et modenhetsstadium som bedre kan sammenlignes med andre fjordkryssingsmetoder er derfor nødvendig, og vil utforskes videre i oppgaven.

4 Hvordan skape gjennomslag for rørbrukonseptet?

Første del av oppgaven har undersøkt konkurransen i brufeltet og hvilke prosesser som til nå har hindret at rørbruteknologien blir tatt i bruk som fjordkryssingsløsning. I det følgende vil det fokuseres på hvordan rørbrukonseptet kan overkomme ulempen av å være en uprøvd konstruksjon, og mulighetene for realisering. Systemperspektivet på innovasjon presenteres mer inngående, i tillegg til et analytisk og metodologisk rammeverk som gjør det mulig å undersøke hvordan nye teknologier kan vokse frem. I kapittel 5 vil det empiriske datamaterialet analyseres i lys av de teoretiske og metodologiske prinsippene.

4.1 Systemperspektivet på innovasjon

Innovasjon forstått som en kollektiv og en dynamisk prosess av feedbackmekanismer har dominert innovasjonslitteraturen. Med feedbackmekanismer menes tilbakevendende prosesser av sosial-, økonomisk- eller teknologisk art fra den videre kontekst som har potensiale til å innvirke på utfallet av innovasjonsaktiviteter. Med dette som utgangspunkt er det ikke mulig å forstå innovasjonsprosesser uten å ta de samfunnsmessige forhold i betraktning (Fagerberg, 2005). Bevisstheten om de mange og ulike faktorer som påvirker innovasjon har åpnet opp for det såkalte systemiske perspektiv. Viktige bidragsytere i innovasjonsfeltet, hvorav Freeman, Lundvall, Dosi, Pavitt, Nelson og Winter må nevnes, var alle opptatt av innovasjoners paradigmatisk og systemisk natur (Castellacci, 2008). Med utgangspunkt i teorier om teknologiske regimer og dominant design (som beskrevet i kapittel 3.2.) har det blitt mulig å forstå prosesser og bakenforliggende mekanismer som driver innovasjon og teknologisk endring, og studier av de såkalte «innovasjonssystem» har blitt sentralt.

Grunnleggende ideer om innovasjonssystem kan trekkes helt tilbake til Friedrich List på 1800-tallet (Freeman, 1995). Også flere andre teoretikere har benyttet seg av et systemisk perspektiv for å studere forholdet mellom teknologi og samfunn, som eksempelvis Thomas Hughes (1983) om utviklingen av strømmettet i London, Berlin og New York på slutten av 1800-tallet. Studien skulle være både av det fysiske systemet av kraftlinjer som vokste fram mellom 1880-1930, i tillegg til studien av relasjonen mellom de institusjonelle og

organisatoriske forhold - som vil si systemet i abstrakt/teoretisk forstand.

Innovasjonssystemet (IS) slik det benyttes i dag må like fullt sies å ha blitt introdusert av Bengt-Åke Lundvall i 1985. Noe senere ble også «nasjonale innovasjonssystem» (NIS) videreutviklet av Chris Freeman i 1987, da han koblet IS med Japans og andre nasjoners økonomiske utvikling (Lundvall, 2007).

Et (nasjonalt) innovasjonssystem kan defineres som følger:

«a system of innovation is constituted by elements and relationships which interact in the production, diffusion and use of new, and economically useful, knowledge and that a national system encompasses elements and relationships, either located within or rooted inside the borders of a nation state» (Boulding 1985, sitert i Lundvall, 1992, s. 2).

Definisjonen beskriver det komplekse, men også dynamiske, nettverket av komponenter som vil utgjøre en innovasjonsprosess, og illustrerer samtidig at i studien av innovasjon kan en ikke se aktører eller eventuelt bedrifter og deres aktiviteter i isolasjon. En må inkludere alle medvirkende faktorer som har en innvirkning på prosessen - og som derfor må sies å være en del av IS (Fagerberg, 2005). Slik Lundvall (1992) beskriver det vil komponenter i systemet enten kumulativt kunne forsterke hverandre ved å fremme lærings- og innovasjonsprosesser, eller de vil skape flaskehalser og fungere hindrende for slike prosesser. IS utvikler seg som et resultat av konstituerte komponenters samspill, og gjennom en systemanalyse vil det være mulig å identifisere de elementer som virker fremmende og de som eventuelt blokkerer systemets levedyktighet.

Systemperspektivet har som nevnt tilknytning til regime/paradigmeforståelsen, først og fremst konkretisert av Dosi (1982) og Nelson og Winter (1977). Teknologiske regimer kan sies å være innovasjonssystem på et overordnet nivå, hvorav ulike IS eksisterer i et komplekst samspill og i en stadig konkurranse om hvilke system som får lede den teknologiske utvikling.

Systemperspektivet har imidlertid blitt kritisert for å være lite anvendbart da det verken finnes regler for hvilke elementer som skal inkluderes eller hva som må sies å utgjøre systemets ytre grenser. Det er derfor viktig å konstatere at systemtilnærmingen ikke anses som en teori, men i stedet må forstås som et konseptuelt rammeverk (Edquist, 1997, sitert i Edquist, 2005, s. 186). Når en skal studere et innovasjonssystem må derfor grensene defineres ut fra forskningens fokus. I systemlitteraturen finnes det flere ulike nivåer som blir benyttet. Freeman introduserte som nevnt de nasjonale innovasjonssystem (NIS), hvor landets fysiske

grenser også fungerer som avgrensing. Andre avgrensinger er eksempelvis sektorielle innovasjonssystem (SIS), som fokuserer på innovasjonsaktiviteter innenfor en konkret sektor, og regionale innovasjonssystem (RIS) hvor bedriftsklynger og regioner utgjør systemets grenser. Når en imidlertid skal studere fremvoksende teknologier hvor verken teknologiaktører eller markeder har etablert seg, vil slike systemgrenser fort bli ufullstendige (Coenen og Diaz López, 2010). Et teknologisk innovasjonssystem (TIS), som tar utgangspunkt i selve teknologien, har derfor vist seg som en særlig fruktbar innfallsvinkel. TIS gir rom for å studere hvordan konfigurasjonen av aktører, institusjoner og nettverk endres over tid og i forbindelse med teknologiens utvikling (Coenen og Diaz Lopez, 2010). TIS retter derfor søkelyset mot systemets dynamiske karakter. Teknologiske innovasjonssystemer gir dessuten fordelen av å kunne studere konkurransen mellom etablerte og fremvoksende teknologier, og er derfor ofte benyttet for å se relasjonen mellom fornybare og ikke-fornybare energisystemer (Bergek og Jacobsson, 2004). Siden tematikken i denne oppgaven baserer seg på fremveksten av en ny brumetode blir det presist å benytte seg av en slik tilnærming.

4.2 Teknologiske innovasjonssystem (TIS) og funksjonstilnærmingen

Med utgangspunkt i et teknologisk innovasjonssystem (TIS) er det mulig å beskrive forholdet mellom innovasjonsaktiviteter knyttet til en teknologi og de omkringliggende faktorer som påvirker prosessen. Et teknologisk innovasjonssystem kan defineres på følgende måte:

«...Network(s) of agents interacting in a specific technology area under a particular institutional infrastructure for the purpose of generating, diffusing, and utilizing technology...» (Carlsson og Stankiewicz 1991, sitert i Bergek og Jacobsson, 2004, s. 4).

Kjerneinfrastrukturen i et TIS er sammensatt av strukturelle komponenter. Disse komponentene innebefatter institusjoner, organisasjoner/aktører og nettverk. *Institusjoner* defineres som normer, regler og rutiner som regulerer interaksjonen mellom aktører. Institusjoner blir derfor også kalt ”rules of the game”. *Organisasjoner/aktører* defineres som formelle strukturer som er skapt for et bestemt formål. Dette kan eksempelvis være bedrifter, universitet og forskningssentre - også kalt ”players of the game” (Edquist, 2005). Hekker m.fl. (2007) vektlegger dessuten særlig rollen til de ikke-kommersielle aktører som fungerer som eventuelle støttespillere til teknologien, og som har potensiale til å utgjøre viktige

påvirkningskrefter i systemet. *Nettverk* kan være læringsnettverk og/eller politiske nettverk, og beskrives som kanalene for overføring av informasjon og kunnskap mellom organisasjonene. Eksempler kan være samarbeid mellom ulike fagmiljøer eller koblinger mellom universitet og industri. Nettverkene er viktige fordi de knytter aktører sammen i tillegg til å påvirke oppfatningene om hva som er ønskelig og mulig å oppnå med teknologien. Nettverkene bidrar på denne måten til å forsterke systemers stivhengighet (Vasseur m.fl., 2013; Bergek m.fl., 2008; Edquist, 2005; Bergek m.fl., 2004).

Systemets utvikling baserer seg på samspillet mellom disse strukturelle komponentene. Som nevnt vil imidlertid lite av infrastrukturen være på plass når det er snakk om nye teknologier. Systemet må ha gjennomgått en såkalt formativ fase, hvor organisasjoner, institusjoner og nettverk har fått innrettet seg mot utvikling, spredning og bruk av den nye teknologien. Når dette først har konstituert seg kan systemet gå over i en vekstfase basert på positiv kumulativ utvikling (Bergek, Jacobsson og Sanden, 2008). Med tanke på rørbrukonseptet må dette sies å være et system i svært tidlig fase (tidlig formativ fase) hvor komponentene i systemet har svake eller ingen koblinger. Det nødvendige blir derfor å undersøke hvordan systemet kan begynne å ta form slik at det kommer ut av tidligfasen og inn i en prosess av selvforsterkende vekst. Det er kun gjennom et styrket system at rørbrua som teknologi kan komme til et modenhetsstadium det er mulig å sammenligne med konvensjonelle fjordkryssingsteknologier.

En såkalt funksjonstilnærming har potensiale til å gi økt forståelse av hvordan systemer blir levedyktige. Tilnærmingen har til hensikt å identifisere styrker og svakheter i systemutviklingen gjennom en systematisk analyse av aktiviteter som foregår i innovasjonssystemet. Bidragsyttere til funksjonstilnærmingen har gjennom gransking av tidligere litteratur vist at det er mulig å identifisere et sett nøkkelprosesser som bidrar til den overordnede funksjonaliteten. Disse nøkkelprosessene, vanligvis kalt funksjoner, retter fokuset ikke bare på den strukturelle oppbyggingen av systemet, som i seg selv ikke sier noe konkret om hva som foregår, men også på den indre og ytre dynamikken (Bergek m.fl., 2008). Funksjonene blir også påvirket av eksogene faktorer som eksempelvis dominerende regimer eller konkurrerende innovasjonssystem. For systemer i tidligfase kan slike eksogene faktorer ha en dominerende virkning (slik som beskrevet i kapittel 3.2.) men derimot hvis systemet kommer ut av den formative fasen vil styrken av de ytre påvirkningskreftene avta (Geels 2002, Raven 2005, i Bergek, Jacobsson og Sanden 2008:579). Ved å benytte en

funksjonstilnærming på empirisk materiale blir det eksempelvis mulig å kartlegge hvordan forskjellige aktører eller institusjoner påvirker utviklingen, spredningen og bruken av teknologien i fokus. Hovedtanken er at gjennom en systematisk kartlegging kan tiltak iverksettes på de svake leddene som skaper treghet i systemet, samtidig som vekstfremmende aspekter kan forsterkes (Bergek og Jacobsson, 2004). På denne måten blir det mulig å bygge et velfungerende innovasjonssystem rundt den nye teknologien.

Innenfor ulike funksjonstilnærminger råder det så langt ingen klar enighet om hvilke prosesser som bør vektlegges. Her presenteres det analytiske rammeverket til Bergek m.fl. (2008), som har vist seg svært fruktbart. I dette er de viktigste prosessene blitt syntetisert ned til syv funksjoner. Disse funksjonene kan være sterke eller svake, og påvirker hverandre i stor og varierende grad. Dette betyr at endringer i en funksjon vil skape ringvirkninger i resten systemet (Bergek og Jacobsson, 2003 i Bergek og Jacobsson, 2004).

4.2.1 De syv funksjonene

Kunnskapsutvikling og spredning er sentrale prosesser for å videreutvikle et system. Økt kunnskap gir rom for bedre utnytting av teknologien og dermed potensiale til å utvikle teknologiske alternativer som gir optimal suksess på markedet (Vasseur m.fl., 2013).

Funksjonen retter fokuset mot teknologiens kunnskapsbase og hvordan denne endres over tid. Dette påvirkes av måten kunnskapen spres og kombineres gjennom nettverket i systemet (Bergek m.fl., 2008).

Påvirkning på retning av innovasjon vil si hvor sterke insentiver som eksisterer for at aktører entrer systemet og bidrar til utvikling og spredning av teknologien. Insentivene avhenger av hvordan teknologiens vekstpotensial vurderes, noe som påvirkes av eksempelvis offentlige målsettinger, forskningsresultater eller forventede markedsinteresser. Sterke insentiver bidrar til å koordinere aktørers visjoner omkring teknologiens fremtid og stimulerer til vekst (Bergek m.fl., 2008; Vasseur m.fl., 2013; Suurs m.fl., 2010).

Eksperimentering vil si å prøve ut ulike løsninger for en optimal utnytting av teknologien. Et TIS vil bare utvikle seg dersom det finnes aktører som gir seg i kast med usikre anvendelsesmuligheter, gjør oppdagelser eller skaper nye mulighetsrom. Eksperimentering skaper viktige læringsprosesser som gir en form for teknologisk modning. Funksjonen anses derfor som den viktigste kilden til usikkerhetsreduksjon. Et TIS uten eksperimentering vil

stagnere som en følge av fremvoksende konkurrerende teknologier og nye samfunnsmessige utfordringer (Jacobsson, 2011, Bergek m.fl., 2008).

Markedsutvikling er av særlig avgjørende betydning for system i tidligfase da etterspørselen etter teknologien ennå ikke har fått stadfestet seg i et marked. Spredning av ny teknologi er dessuten krevende fordi majoriteten av nye innovasjoner vil være underutviklet og ineffektive når de blir introdusert for første gang (Rosenberg, 1972). Pris- og ytelsesforholdet vil med andre ord være dårlig, og usikkerhet knyttet til mange aspekter ved teknologien kan skape negative eksternaliteter. Slike forhold må overkommes for at teknologien skal kunne vise seg kommersielt konkurransedyktig. Bergek m.fl. (2008) beskriver tre stadier av markedsutvikling, derav «nursing markets» (nisjemarked), «bridging markets» (overgangsmarked) og til slutt «mass market» (massemarked). For nye teknologier er det først og fremst nødvendig å skape et såkalt nisjemarked, som fungerer som et beskyttet marked hvor teknologien får mulighet til å finne sin form gjennom læringsprosesser og eksperimentering uten å være utsatt for teknologisk konkurranse. Nisjemarkedet kan potensielt skape interesse for teknologien som igjen fører til at flere organisasjoner/aktører velger å investere i systemet. Flere investeringer åpner opp for et såkalt overgangsmarked (Kemp m.fl., 1998).

Legitimering handler om å bygge opp sosial aksept for den nye teknologien. Sosial aksept kan motvirke en situasjon av inertia i etablerte institusjoner og hjelper teknologien med å overkomme ulempen av å være ny (Vasseur m.fl., 2013). En sosialt akseptert teknologi har mulighet til å mobilisere ressurser og skape etterspørsel, noe som gir positive virkninger i systemet. Zimmerman og Zeitz (2002) argumenterer imidlertid for at legitimitet ikke kommer av seg selv men må skapes gjennom konkrete tiltak fra involverte aktører. Konkurranse fra etablerte TIS kombinert med den eksisterende institusjonelle infrastrukturen vanskeliggjør ofte denne prosessen. Hekkert m.fl. (2007) vektlegger derfor interessegrupper som katalysator for legitimeringsprosessen. Slike grupper kan få en ny teknologi frem i lyset og på denne måten mobilisere til å satse på en ny teknologisk bane.

Ressursmobilisering referer til hvordan systemet er i stand til å mobilisere finansielle ressurser og humankapital. Slike ressurser legger til rette for blant annet kunnskapsutvikling gjennom forskningsarbeid (Vasseur m.fl., 2013). Konkurrerende TIS kan gjøre det vanskelig å kapre kvalifisert personell samt investeringspartnere som ser muligheten i den nye

teknologien. For fremvoksende TIS er det ofte nødvendig med statlig støtte for å skaffe et tilstrekkelig ressursgrunnlag.

Utvikling av positive eksternaliteter er en nøkkelprosess i TIS og retter fokuset mot de positive virkningene av aktiviteter i systemet. Involvering av nye organisasjoner er eksempelvis sentralt for å skape ringvirkninger i flere andre viktige funksjoner; deriblant *påvirkning på retning av innovasjon, markedsutvikling og legitimering*. Styrket legitimering fører igjen til positive virkninger i funksjonene *ressursmobilisering, påvirkning på retning av innovasjon, eksperimentering og markedsutvikling*. Nye aktører vil dessuten bidra til *kunnskapsutvikling og spredning*. Funksjonen fanger dermed inn dynamikken og funksjonaliteten av systemet i sin helhet (Bergek m.fl., 2008).

I likhet med de strukturelle komponentene vil funksjonene være svake i et system som befinner seg i den formative fase. De funksjoner som har potensiale til å skape vekstdynamikk må derfor styrkes for at systemet skal bli levedyktig. I neste kapittel vil funksjonstilnærmingen operasjonaliseres i et forsøk på å vurdere funksjonsdynamikken i rørbru TIS.

5 Analyse

I dette kapitlet vil det empiriske datamaterialet sammenfattes og analyseres i lys av funksjonene i et teknologisk innovasjonssystem. Det vil først gjøres en kort utgreiing av hva som kan sies å utgjøre kjerneinfrastrukturen i rørbru TIS. Deretter vil aktivitetene i systemet vurderes i et forsøk på å identifisere hvilke funksjoner som hindrer rørbru TIS i å komme ut av den formative fase, og hvilke funksjoner som eventuelt kan styrkes for å oppnå en situasjon av kumulativ utvikling. De syv funksjonene gjennomgås skjematisk, før en oppsummering av analysen presenteres i figur 6. Systemdynamikken drøftes avslutningsvis.

Som beskrevet i kapittel 4.2 er det nødvendig å være klar over at funksjonene påvirker hverandre i stor grad. En isolert vurdering er derfor krevende. For å tydeliggjøre systemdynamikken vil funksjonene nummereres, og nummereringen benyttes gjennomgående i analysen for å illustrere hvilke aktiviteter som påvirker hverandre.

5.1 Strukturelle komponenter i rørbru TIS

Innovasjonssystemers strukturelle komponenter består av institusjoner, organisasjoner og nettverk (en definisjon av begrepene finnes i kapittel 4.2) (Bergek m.fl., 2008).

Hovedaktørene som vil være involvert i et samferdselsprosjekt må nødvendigvis sies å utgjøre en viktig del av systemets *organisasjoner*, derav byggherren, rådgivende konsulentfirma og entreprenøren. Byggherren er aktøren som kan beskrives som «eieren» av prosjektet.

Byggherrefunksjonen innebærer å utrede areal- og funksjonsbehov, skaffe finansiering, organisere og styre prosjektering og bygging, i tillegg til å sørge for drift og vedlikehold av det ferdige anlegget. Statens Vegvesen er formell byggherre for riksveger, mens fylkeskommunen er byggherre for fylkesveger. Entreprenøren er firmaet som utfører bygge- og anleggsprosjekter på oppdrag fra byggherren eller en konsulent. Siden Statens Vegvesen ikke har noen bygg- og anleggsfunksjon blir alle byggeprosjekter lagt ut på anbud som private eller offentlige entreprenører konkurrerer om. Etter anbudskonkurransen blir deretter en eller flere entreprenører valgt for gjennomføring av prosjektet, og ansvarsoppgavene kontraksbestemmes mellom partene. Rådgivende konsulenter er firmaer som driver rådgivende virksomhet, og tilbyr sin ekspertise innenfor et fagfelt. Konsulentfirmaene utfører

prosjekteringsoppgaver på oppdrag fra byggherren eller entreprenøren. Som beskrevet over utlyses anbudskonkurranser hvor offentlige og private konsultentselskap kommer med sine prosjekteringstilbud hvorav det mest kostnadseffektive tilbudet sett ut fra prosjektets kriterier vinner. Konsulentfirmaet kan i tillegg ha ansvar for det utførende arbeidet gjennom å inneha rollen som entreprenør. I tillegg til de nevnte aktører vil myndigheter på alle nivå spille en rolle som organisasjon, sammen med eventuelle interesseorganisasjoner som driver lobbyvirksomhet for den nye teknologien (vil utdypes i funksjon F5). Fra nå av vil begrepet «aktører» benyttes for å beskrive organisasjonene i rørbru TIS.

Institusjoner må først og fremst sies å være transportpolitikken i Norge, som formaliseres gjennom Nasjonal Transportplan (NTP). I NTP presenteres regjeringens satsingsområder for det samlede transportsystemet, og innebærer veg, jernbane, luft og sjøtransport. NTP legger således føringer for hvilke samferdselsprosjekt som iverksettes, og er derfor overordnet styrende for teknologiutvikling. Når en godkjent NTP foreligger, utarbeides et handlingsprogram for hvert av transportetatene for hvordan planene i NTP skal iverksettes. Hovedfokuset for handlingsprogrammene er mål, strategier og gjennomføringsplaner for de fire første årene (NTP utarbeides for en tiårsperiode) (St.meld. nr 26. (2012-2013)). I tillegg til transportpolitikken kommer nødvendigvis regler, rutiner og vaner som ligger innarbeidet i Statens Vegvesen, i brumiljøet og i samfunnet generelt. Slike institusjoner kan beskrives som en form for «kognitive rammer» som aktørene arbeider innenfor og som således påvirker aktivitetene i rørbru TIS. Institusjoner finnes på flere nivåer, og hver enkelt funksjon vil være påvirket av sine respektive institusjoner. Med tanke på eksempelvis ressursmobilisering vil regelverk knyttet til bevilgninger spille en rolle kombinert med tilgang på arbeidskraft og eventuelle utfordringer ved dette.

Nettverk er i prinsippet hvordan aktørene forholder seg til hverandre og gjennom interaksjon kanaliserer informasjon, kunnskap og forventninger. Nettverk av betydning for rørbru TIS må sies å være læringsnettverk; som koblingene til oljesektoren og til utdanningsinstitusjoner og (inter)nasjonale fagmiljøer. En annen form for (politiske) nettverk av betydning er dessuten de nevnte kontraktbestemmelsene mellom de ulike organisasjonene involvert i et teoretisk eller reelt byggeprosjekt. Gjennom kontraktene formaliseres risikoansvar, noe som har betydning for organisasjoners interesse av å involvere seg i rørbru TIS (Vasseur m.fl., 2013).

5.2 Analyse av de syv funksjonene i rørbru TIS

5.2.1 (F1) Kunnskapsutvikling og spredning

Kunnskapsutvikling på rørbrufeltet har foregått over en veldig lang periode, og kan som vist trekkes helt tilbake til første godkjente patent i 1886. Det er imidlertid nødvendig å sette et skille mellom ulike teknologier som inngår i konseptet og konseptet i den helhetlige forstand. I innovasjonslitteraturen kan dette skillet kobles til forskjellen mellom oppfinnelse og innovasjon, hvorav oppfinnelse defineres som «ideen» - om for eksempel et nytt produkt eller en prosess – mens innovasjon er ideen satt ut i praksis. Skillet er viktig fordi overgangen fra oppfinnelse til innovasjon kan innebefatte behovet for å kombinere ulike typer kunnskap, kompetanse og ressurser for å være i stand til å sette en oppfinnelse ut i livet. Hvis det er mangel på eksempelvis teknisk kompetanse, vil kommersialisering av et eventuelt produkt være vanskelig. I mange tilfeller kan behovet for supplerende innovasjoner gjør seg gjeldende og måtte utvikles *før* en vil være i stand til å kommersialisere den opprinnelige ideen. Det kan også være forhold som manglende finansiering, eller mangel på et utviklet marked for produktet (Fagerberg, 2005:4-5). For rørbrukonseptet er det tilfelle at læringsprosesser og kompetansebygging har foregått, men prosessene har i stor grad vært knyttet til enkelte delelementer som nettopp inngår i å gjøre rørbrua realiserbar. Eksempelvis var materialutvikling nødvendig; og gjennombruddet med armert betong på begynnelsen av 1900-tallet gav rørbrukonseptet forbedret potensial. Oljesektorens frammarsj på begynnelsen av 70-tallet hadde også tilsynelatende revolusjonerende effekt da sektoren kunne tilby både redskap og metoder som kunne overføres til en rørbrukonstruksjon. Kompetanse og erfaring knyttet seg til forankringsprosesser og dybdeundersøkelser, som var avgjørende for tilretteleggingen av en fremtidig innovasjonsprosess. Imidlertid har det ikke funnet sted læringsprosesser som omhandler konseptet i praksis og i helhetlig forstand. Rørbrukonseptet må derfor fortsatt sies å være kun teoretisk forankret. Dette er et av hovedaspektene som gjør at rørbrua fortsatt ikke kan vurderes reelt opp mot andre fjordkryssingsmetoder.

Med dette konstatert er det fortsatt klart at de mest betydningsfulle arbeidene for kunnskapsutvikling i Norge ble gjort av «SINTEFs Rørbroutvalg» og «Vegdirektoratets Rørbroutvalg» på 1960- og 1970-tallet - som banet vei for Høgsfjordprosjektet et tiår senere. SINTEFs Rørbroutvalg benyttet seg dessuten av internasjonale fagmiljøers ekspertise ved å rådføre seg med nederlandske og amerikanske ingeniørselskap som hadde erfaring med

lignende byggeteknikk og maritime konstruksjoner. Læringsnettverket kanaliserte informasjon og kunnskap som reduserte usikkerhet knyttet til konseptets gjennomførbarhet. Også internasjonalt har kunnskapsutvikling funnet sted – hvorav særlig Italia (Messinastredet) og Japan har drevet forskning og utvikling koblet til teoretisering av konseptet.

Formalisert kunnskapsspredning gjennom publisering i vitenskapelige tidsskrifter har foregått, hvorav Erik Ødegård som et tidlig eksempel publiserte en rekke artikler i Teknisk Ukeblad for å vekke oppmerksomhet rundt konseptet. Flere aktører har gjort publiseringsarbeid i tillegg til at det har blitt arrangert seminarer og work shops direkte knyttet til rørbrukonseptet. Det første rørbruseminaret ble avholdt i Sandnes i 1996, og flere seminarer har blitt arrangert siden den gang - eksempelvis i Kina (Quindaoinsjøen) i 2010 (med bidrag fra det norske fagmiljøet) samt diverse Strait Crossings. Slike seminarer er viktige for spredning av informasjon, men også for nettverksbyggingen gjennom å treffe andre i fagekspertisen (Vasseur m.fl., 2013).

Høgsfjordprosjektet beskrives som det viktigste utviklingsarbeidet som har skjedd innen rørbru, og er det første (og eneste) prosjektet hvor konseptet har hatt potensiale til å gjennomføre utviklingen fra oppfinnelse til innovasjon. Forsknings- og utviklingsprosjektet «FoU Rørbruer» ble startet, og privat fagmiljø ble brukt for å utvikle konseptet til et teknisk gjennomførbart stadium. Entreprenørselskapene som var involvert i Høgsfjordprosjektet utviklet sine respektive rørbruforslag, som alle ble godkjent av Vegdirektoratet som teknisk gjennomførbare løsninger ut fra den tids godkjenningssystem. Dette var nytt, og betydde at forskningen som hadde funnet sted hadde ført konseptet til et sikkerhetsnivå som Vegdirektoratet aksepterte. Selv om Høgsfjord-røret aldri ble bygget har prosjektet hatt mye å si for utvikling av kunnskapsbasen på rørbrufeltet. Informant1 beskriver eksempelvis hvordan Veglaboratoriets fagavdeling kunne styrkes betydelig, og betong fikk en helt annen profil i Statens Vegvesen.

Forsøket på å ivareta og videreutvikle kompetansen fra Høgsfjordprosjektet gjennom «The Norwegian Submerged Floating Tunnel Company» i 1998 var imidlertid ikke levedyktig. Selskapet fikk, som allerede nevnt, få henvendelser og ble siden nedlagt. Informant4 beskriver dette som en følge av et ikke-eksisterende marked (F5) på den tiden. Etter Høgsfjordprosjektet ble det heller ikke arbeidet med konkrete forsknings- og utviklingsprosjekter direkte knyttet til rørbrukonseptet. Det ble gjort flere teoretiske studier, men det skjedde ingen utvikling av den teknologiske kunnskapsbasen. Teoretiseringen dreide

seg rett og slett om å gjøre de samme tingene på forskjellige steder. Informant3 sier om perioden mellom Høgsfjordprosjektet og ferjefri E39 at det skjedde lite på flytebrusiden, lite eller ingenting på rørbrusiden, men at det skjedde en god del på hengebrusiden ved at Askøybrua kom. Bygging av Hardangebrua hadde ikke startet da Ferjefri E39 ble igangsatt i Statens Vegvesen, men den var under planlegging. Med undersjøisk tunnel og tunnelbygging hadde det skjedd enormt mye siden Høgsfjord, og det hadde allerede blitt et sterkt system med mye oppbygget kompetanse.

Med Ferjefri E39 har kunnskapsutvikling og spredning på rørbrufeltet imidlertid fått fornyet fokus (F2), og i forbindelse med mulighetsstudien for Sognefjorden skjedde det viktig teoretisk arbeid som førte frem til konklusjonen om at rørbru igjen kan anses som et pålitelig og sikkerhet konsept ut fra dagens kriterier. Informant3 beskriver eksempelvis også hvordan studien gjorde informantene mer komfortable med hvordan installeringen av rørbrua skal foregå.

«Den delen der gjorde *meg* i alle fall mye mer sikker på gjennomføring; bygging og installasjon. Jeg tror det er prosesser som vi har mye mer hånd om og som ikke skaper de store problemer. Det er en del erfaring ute i forhold til marine operasjoner og sånt med posisjoneringsverktøy og styring av taubåter og alt sånt som gjør at vi kan få ting ut, og få senket det på plass og koblet det. Men det er jo en kritisk fase. I verste fall kan det jo gå slik det gikk med Sleipner. En har ikke råd til å ta noen sjans, det er greit altså, og en vil ikke ta noen sjans heller. En må være sikker på at det der har du hånd om. Og det tror jeg er fullt mulig» (Informant3, personlig samtale, 2014).

Informant10 fra entreprenørsiden er derimot skeptisk til mulighetsstudien, og beskriver den som overfladisk og bestående av lettvinte løsninger. Den viser kun at rørbru er teoretisk mulig, men ingenting utover dette. Informanten mener eksempelvis at kraftigere ressursmobilisering (F6) er nødvendig for å utvikle studien og få bekreftet teknisk gjennomførbarhet.

Med tanke på kunnskapsbasen som eksisterer i dag er det derfor noe varierende hva informantene mener er på plass. Igjen må skillet mellom teknologiske komponenter i konseptet og konseptet i sin helhet understrekes. Informantene ble spurt om de anser de tekniske utfordringene ved rørbrua som «løst»; som en indikator på om det teknisk ligger til rette for at innovasjonsprosessen kan gjennomføres. Informant9 fra et rådgivende konsultantselskap svarer følgende:

«Teknologien er der. Altså, vi kan lage rørtunneler i dag som har kjent og kjær og utprøvd teknologi, og det har også potensielle byggherrer bekreftet. Statens Vegvesen har jo godkjent

de fire konseptene for Høgsfjorden. Vi har nå vært gjennom Sognefjordmulighetsstudien, og de har også godkjent at dette er et gjennomførbart konsept, og de har også gitt en risiko. Blant de tre konseptene de så på da, så var det rørbrua som kom ut med lavest risiko. Så jeg tror ikke det er noe som hindrer... altså.. det er ikke noe skepsis som vil stå i veien for at teknologien ikke er der, eller at det er gjennomførbart» (Informant9, personlig samtale, 2014).

Informantens svar er derfor at teknologien er på plass for at konseptet i sin helhet kan realiseres. Informant4 mener følgende:

«Ja, jeg tror at de er løst - men jeg mener at det må dokumenteres noe bedre. Det mener jeg. Men jeg er temmelig overbevist om at de tingene som vi nå har på papiret for det å få til en optimal løsning - de løser vi» (Informant4, personlig samtale, 2014).

Informant10 er imidlertid ikke enig i at de tekniske problemstillingene knyttet til rørbrukonseptet er løst i den forstand at ideen kan realiseres i praksis. Informanten uttaler følgende:

«Det er bare teorier og skisser på noen ark. Det er ingen som har gjort det i praksis (...) Og så sier man gjerne at - ja men man har oljeplattformer i Nordsjøen og man har kunnskap, og - ja - man har kunnskap, men den skal brukes på en ny måte» (Informant10, personlig samtale, 2014).

Informanten bekrefter således det nevnte skillet mellom komponenter og konsept, og hvordan det ligger utfordringer i å kombinere ulike kunnskapsbaser i en ny konstruksjon. Informant5 nevner også flere problemstillinger som må løses, men påpeker at «vi kommer ikke noe lenger nå før vi begynner å bygge» (Informant5, personlig samtale, 2014).

Det er derfor noe ulike formeninger om hvorvidt eksisterende kunnskap og kompetanse knyttet til tekniske problemstillinger ved konseptet er tilstrekkelige for å klare innovasjonsprosessen. Selv om kunnskap eksisterer i andre sektorer kan kobling til et nytt felt være utfordrende. Majoriteten av mine informanter er imidlertid positive til den tekniske gjennomførbarheten, og vurderer det ikke som et stort problem. Det som imidlertid er klart er at det har foregått læringsprosesser, men ikke i direkte forbindelse med et konkret rørbru-byggeprosjekt. Slik informant5 påpeker, ser det ut til at ytterligere kunnskapsutvikling på feltet må finne sted i forbindelse med et slikt konkret og reelt prosjekt.

Generell vurdering av funksjon F1: Funksjonen må ses i forhold til komponenter som inngår i konseptet og konseptet i helhetlig forstand. Kunnskapsutvikling knyttet til komponenter har funnet sted, men selve konseptet er fortsatt teoretisk. Funksjonen vurderes likevel ikke som svak, og det er andre funksjoner som i første omgang må styrkes for å gjøre systemet levedyktig.

5.2.2 (F2) Påvirkning på retning av innovasjon

Påvirkning på retning av innovasjon vil si hvor sterke insentiver som eksisterer for at aktører entrer systemet og bidrar til utvikling og spredning av teknologien. Insentivene som har vært tilstede for å videreutvikle rørbrukonseptet har først og fremst vært behovet for å bygge fastlandsforbindelser på krevende strekninger og de såkalte «krisene» i etablert teknologi. Eksempler som har blitt trukket frem hvor teknologiutvikling var imperativt er fastlandsforbindelse til Askøy og kryssing av Eidsfjorden. Resultater arbeidet frem av forskningsgruppene samt fremveksten av oljeindustrien har også skapt insentiver for en videre satsing på rørbrua ved å bygge opp forventninger omkring teknologiens fremtidige potensiale. Ideen om industrivekst i Rogaland som en følge av Høgsfjord-røret må også trekkes frem som et sterkt insentiv. I denne forbindelse ble rørbruteknologien ansett som et mulig eksportprodukt. På 1980- og 1990-tallet kan derfor funksjon F2 vurderes til å ha vært sterk og bidratt til involvering av nye aktører i systemet.

Ifølge Skorpa (2009) og uttalelser fra flere informanter, ser derimot selve skrinleggingen av Høgsfjordprosjektet ut til å ha påvirket funksjonen i negativ retning, i og med at rørbrua ble stoppet til fordel for et konkurrerende TIS (undersjøisk tunnel). Det blir beskrevet som om «luften gikk ut av ballongen» på dette tidspunktet. Som vist i forbindelse med funksjon (F1) mener flere av informantene at det i Norge skjedde lite konkret teknologiutvikling i perioden etter Høgsfjordprosjektet, noe som indikerer at insentivene for å drive forskning på rørbrufeltet var inne i en dødtid. Informant1 hevder imidlertid at teknologien fikk et oppsving i land som Kina, Japan og Korea, noe som også kan tolkes ut fra forskningssamarbeidet SIJLAB som ble startet på 2000-tallet.

Politiske målsettinger bidrar til å koordinere aktørers visjoner, og er således sentrale i funksjon F2 (Suurs m.fl., 2010). Behovet for oppgradering av kyststamveien på Vestlandet har i nyere tid formalisert seg i NTP gjennom Ferjefri E39, og teknologiutvikling tilknyttet fjordkryssingsløsninger har således blitt inkorporert i den politiske agenda. Insentivene for satsing på rørbrukonseptet ble dermed på nytt styrket. Flere av informantene etterspør imidlertid enda sterkere driv fra politiske beslutningstakere hvis de mener det skal være realistisk å realisere Ferjefri E39. Informant9 beskriver eksempelvis hvordan arbeidet med aktuelle løsninger for E39, etter informantens oppfatninger, burde organiseres på en mer målrettet måte hvis det skal være mulig å oppnå nødvendig teknologiutvikling. Informanten

spekulerer i om grunnen til lite koordinert arbeid kan være en følge av lav ressursmobilisering (F6) til prosjektet.

«Det ble gjort en formidabel innsats på Høgsfjorden. Det har du sikkert blitt fortalt, om hvor mange hyllemeter og mange tusen kompendier og rapporter det ble skrevet og hva som var lagt ned av studier for det. Nå ser ikke jeg overalt - men det virker ikke som om det er et system i det å utvikle fjordkryssinger annet enn ved at en fjordkryssingsgruppe har satt seg ned og sett på: hvordan løser vi den, hva er beste mulighet her, hvordan kan vi gjøre det - og så gjør de noen konseptvurderinger her og der, men.. Men det kan kanskje komme. Det har kanskje vært sånn fordi man ikke har hatt bevilgninger nok til kunne starte et sånt initiativ. Så det at de i det hele tatt hadde en fjordkryssingsgruppe var jo revolusjonerende i seg selv» (Informant9, personlig samtale, 2014).

Fra et entreprenørperspektiv blir det fortalt at insentivene for satsing direkte på rørbrukonseptet er svake grunnet konseptets «umodenhet». Også denne informanten trekker frem ressursmobilisering (F6) og mener Statens Vegvesen burde bruke adskillig mer penger på å håndtere usikkerhetsaspekter hvis det skal finnes insentiver for å gi seg i kast med prosjektering av rørbruprosjekt. Videre beskriver informanten hvordan informantens arbeidssted ikke vurderer rørbru som et relevant satsingsområde grunnet de mange andre samferdselsprosjektene som allerede er under planlegging. Heller ikke Ferjefri E39 oppfatter informanten som et modent prosjekt.

«Her i X er vi ikke opptatt av det (rørbru). Vi oppfatter ikke rørbru som å ligge nært fremme i det som er av prosjekter som kommer. Og det er så mange store samferdselsprosjekter som ligger der at det er mer enn nok å bruke tiden på de prosjektene som anses som realistiske. Mens rørbru er jo ikke blant de som man tror er mest realistisk og som kommer først. På jernbanesiden er det jo flere store prosjekter som kommer etter de som er nå. Som på en måte ligger inne i NTP og som man ser kommer. Det gjør ikke E39 med noen konkrete kryssinger, ikke så langt jeg vet hvert fall. Så sånn sett bruker vi ikke mye tid på det» (Informant10, personlig samtale, 2014).

Regjeringens beslutninger om trasevalg til de største fjordene langs E39 lar vente på seg, noe som gjør at NTP/handlingsprogrammet tilsynelatende ikke skaper sterke nok insentiver for satsing. En kan se det som at forskning og utvikling (F1) finner sted, men uten konkrete beslutninger om traseer og konseptvalg finnes det heller ingen eksplisitte teknologimål å strekke seg mot. Fra informantsamtalene blir det klart at når behovet for spennvidder overstiger 2 kilometer får man et langt mer konkret konkurranseforhold mellom både hengebru, rørbru og flytebru. Sannsynligheten for at rørbru kommer ut som den beste løsningen er derfor til stede. Hvis beslutninger om traseer finner sted, vil insentivene for å engasjere seg i utvikling og spredning av teknologien kunne bli styrket, noe som således legger til rette for både ressursmobilisering (F6), eksperimentering (F3) og også markedsutvikling (F4).

Spørsmålet om kostnader er også et viktig tema. Selv om det ikke er klart hva de faktiske kostnadene vil være, er det enighet om at en rørbru vil være en relativt dyr konstruksjon. Som påpekt i konseptbeskrivelsen er det likevel slik at kostnadene for en rørbrukonstruksjon på en lengre fjordkryssing ikke vil øke like dramatisk som for en hengebru, da prisen stiger mer eller mindre proporsjonalt med lengden. Dette er en av grunnene til at konkurranseforholdet mellom konseptene blir mer balansert. Det er imidlertid viktig å få bedre kontroll på hva de faktiske kostnadene av rørbrukonstruksjon (både installasjon og vedlikehold) vil være.

Samfunnsøkonomiske analyser som skal vise effektene av ferjefri E39 gir også rom for debatt. I en samfunnsøkonomisk analyse måles kostnadene av et tiltak opp mot den beregnede samfunnsnyten av tiltaket (investeringen). Statens vegvesen har lang tradisjon for å benytte samfunnsøkonomiske analyser i planlegging av samferdselsprosjekter. Nytteverdien av et veg- og transportprosjekt beregnes ofte på basis av forventet bruk av strekningen (Årsdøgntrafikk(ÅDT)), reduksjon i reisetid, reisekostnader, ulykker og andre ikke pris-satte faktorer som reduksjon i støy, forurensning, påvirkning på naturskjønne omgivelser og så videre. I en tradisjonell analyse vil den beregnede nytten være direkte knyttet til det enkelte vei- eller transportprosjektet. Nytte for samfunnet ved eventuelle ringvirkninger av investeringen gjennom innovasjon vil derfor ikke komme til syne i en slik analyse. I og med at rørbru er et uprøvd konsept, må man legge til grunn at utviklingsfasen vil bli kostbar og kostnadssiden vil derfor veie tungt i en samfunnsøkonomisk analyse av et rørbruprosjekt. Siden potensialet for innovasjon og utvikling heller ikke kommer til syne i en tradisjonell samfunnsøkonomisk analyse av slike prosjekter, er det stor sannsynlighet for at den beregnede samfunnsnyten vil bli negativ. Transportøkonomisk institutt (TØI) gjennomførte på oppdrag fra Sjømannsforbundet en analyse av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ved ferjeavløsningsprosjektene (ikke direkte knyttet opp til rørbrukonseptet) i 2013, og konklusjonen er slående.

«Fire av sju ferjeavløsningsprosjekter på E39 mellom Stavanger og Trondheim er sterkt samfunnsøkonomisk ulønnsomme uansett regnemåte og bør legges bort dersom samfunnsøkonomisk nytte skal legges til grunn» (Minken, 2013).

Det finnes imidlertid flere eksempler på samferdselsprosjekter som har blitt gjennomført på tross av at det samfunnsøkonomiske regnestykket har vært negativt, da trafikken på norske veier generelt sett er lav og geografien med fjell og fjorder bidrar til at kostnadene blir høye. Det er mulig å se en utvikling mot bredere analyser (wider impacts) som forsøker å fange opp mer på nyttesiden enn det de tradisjonelle analysene klarer. SVV forsøker dette gjennom

delprosjektet «Samfunn» i forbindelse med ferjefri E39. «Samfunn» har imidlertid ikke kommet med sine endelige resultater.

Å skape engasjement for teknologiutvikling på et felt hvor gevinsten ikke er gitt på forhånd, og hvor majoriteten av de større bruprosjektene tilsynelatende viser seg ulønnsomme ved å benytte tradisjonelle beregningsmetoder, er naturlig nok krevende. Påvirkning på retning av innovasjon i favør av rørbrukonseptet er derfor en funksjon som raskt blir svekket hvis kun samfunnsøkonomiske analyser legges til grunn. Et eksempel som stadig dukker opp i informantsamtalene er risikoviljen tilknyttet plattformutbygging i Nordsjøen på 70-tallet. Plattformutbyggingen må beskrives som et pionerprosjekt som innebar en enorm risiko for de involverte aktørene. Svaret som gikk igjen blant informantene på hvorfor risikoen i dette tilfellet ble ansett som akseptabel, var nettopp at gevinsten ved suksess var enorm og gav insentiv for å satse på tross av risikoaspektene tilknyttet prosjektet. En slik eksplisitt gevinst kan ikke sies å eksistere innen rørbru-satsing. Samfunnsøkonomiske analyser kan da være med på å svekke forventningene til eventuelle positive ringvirkninger.

Generell vurdering av funksjon F2: Insentivene for realisering av rørbru har variert i perioden ideen har eksistert på tegnebrettet. Styrkede insentiver har oppstått gjennom regjeringens ambisjoner om en ferjefri E39, men de er ikke tilstrekkelige. Det er imidlertid klart at funksjonen har potensiale til å skape ny «luft i ballongen» for rørbrukonseptet hvis det tas beslutninger om trasevalg knyttet til Ferjefri E39, og en finner at en rørbru er den mest effektive løsningen - noe som imidlertid kan være vanskelig å se gjennom samfunnsøkonomiske analyser. Beslutninger knyttet til trasevalg vil like fullt styrke F2, som igjen har effekter på funksjonene F3, F4 og F6, og påvirkning på retning av innovasjon kan således fungere som en katalysator for å skape positive ringvirkninger (F7).

5.2.3 (F3) Eksperimentering

Teknologisk og industriell utvikling avhenger av at usikkerhet håndteres. Som beskrevet i kapittel 4.2.1. skjer dette først og fremst gjennom aktører som gir seg i kast med usikre prosjekt og prøver ut ulike løsninger for en optimal utnytting av teknologien. I eksperimentering er det alltid mange som vil mislykkes, men noen vil også lykkes. Det er nettopp i slike læringsprosesser usikkerhetsreduksjon finner sted og anvendelsesmuligheter åpenbarer seg. På et mer abstrakt plan kan vi derfor si at eksperimentering dreier seg om å

skape nye mulighetsrom (Jacobsson, 2011). Knyttet til rørbru TIS vil eksperimentering således kunne legge til rette for en satsing på teknologien.

Fysisk eksperimentering med teknologier som inngår i konseptet har funnet sted, først i forbindelse med SINTEF's rørbruutvalg på 70-tallet, hvor utvalget fikk utført belastningsforsøk med rørmodeller og forsøk med prøveforankringer i tilnærmet full målestokk. Forsøkene gav viktig informasjon om de forskjellige forankringsmulighetene og indikasjoner på hva som ville være realiserbart. Resultater fra eksperimentering kan således innvirke på funksjon F2. Fysisk eksperimentering skjedde også i forbindelse med Vegdirektoratets Rørbroutvalg og i enkelte av de internasjonale forskningsprosjektene.

I eksperimentering er det viktig å involvere flere aktører med ulike kompetanseområder, som kan bidra med sine respektive kunnskapsbaser i utnytting av teknologien. I forbindelse med konseptdesignkonkurransen til Høgsfjordprosjektet ble fire entreprenører involvert som utviklet hvert sitt rørbrudesign. NC's kunnskapsbase var eksempelvis først og fremst forankret i betongplattformer for offshorevirksomhet, og selskapet var med på å koble sin kunnskapsbase til rørbruteknologien – en kompetanse en ikke ville funnet internt i Statens Vegvesen. Informant1, som var sentral i ledelsen av Høgsfjordprosjektet, bekrefter fordelene og ofte nødvendigheten av å benytte kompetanse utenfra, og beskriver hvordan de fire ulike entreprenørselskapenes eksperimentering førte rørbrukonseptet frem til godkjenningsstadiet. Informanten påpeker dessuten at for å redusere usikkerhet til den nye teknologien på best mulig måte hadde et kriterium i prosessen vært å involvere entreprenører fremfor konsulenter i konseptutviklingen.

«Og grunnen til det var at vi måtte forsikre oss om at det var byggbart. Og det er det bare entreprenørene som kan svare på, og ikke konsulentene. Så det ble slik at vi skrev brev hit og dit og tilslutt var det fire norske entreprenører som sa ja til å være med. (...) La oss si det tok fire år før vi utvikla rørbrua til et punkt hvor vi hadde anbudsdokumentene klare - og den ble godkjent av bruavdelingen - og det hadde vi aldri greid hvis vi ikke hadde begynt med entreprenørene, fordi de ryddet vekk endel påfunn som ikke var gjennomførbart. (...) (Informant1, personlig samtale, 2014).

Etter Høgsfjordprosjektet og i forbindelse med Ferjefri E39 har bare teoretisk eksperimentering funnet sted (i Norge). Konseptet i helhetlig forstand er derfor fortsatt kun teoretisk forankret (som beskrevet i F1). Mulighetsstudien for Sognefjorden på neddykket rørbru gav viktig kunnskap om konseptets brukbarhet, men flere av informantene påpeker nødvendigheten av fysisk eksperimentering i storskala for å skaffe erfaringstall. Å gjennomføre et pilotprosjekt er dessuten til vurdering, uten at det er klart om dette vil bli

igangsatt. Hidra har som nevnt potensiale til å bli en rørbrupilot, men det vil like fullt være nødvendig med storskalatest i forbindelse med de større fjordkryssingene som har helt andre dimensjoner. Gjennomføringen av et pilotprosjekt anses likevel av samtlige informanter som den beste form for usikkerhetsreduksjon. Funnene fra informantsamtalene indikerer derfor at eksperimenteringsaktivitetene knyttet til rørbru TIS må styrkes for at risikoen ved et eventuelt prosjekt skal kunne anses som håndterbar.

Som nevnt innledningsvis handler eksperimentering også om å skape mulighetsrom for den nye teknologien. Aktører som aksepterer risikoen ved å gi seg i kast med usikre prosjekt er med å skape et slikt mulighetsrom (Jacobsson, 2011). Informant5 er i sine uttalelser klar på at staten som aktør bør være mer risikovillig og påta seg større del av ansvaret i eventuelle pionerprosjekt - som en rørbru nødvendigvis vil være. Hvis en entreprenør skal engasjere seg og gi tilbud må det være en form på prosjekt som gjør at aktøren får et insentiv til å påta seg det risikofylte oppdraget. Private aktører risikerer å bli hardt rammet hvis noe skulle vise seg å bli en fiasko, og økonomiske vurderinger av tap/gevinst blir som en følge tungtveiende. En mer risikovillig stat skaper nødvendigvis et større mulighetsrom, og staten må derfor legge til rette for eksperimentering. At flere informanter poengterer at mer ressurser må vies til prosjekt E39 for å skape legitimitet (F5), er en indikator på at staten ikke stiller seg tilstrekkelig risikovillig, tross uttalte ambisjoner om en ferjefri kyststamvei. Uten sterkere politisk forankring og uten klarere uttalte mål om teknologiutvikling (F2) vil ikke forholdene ligge til rette for eksperimentering i rørbru TIS.

Generell vurdering av funksjon F3: Eksperimentering med komponenter av rørbru TIS har funnet sted, men konseptet i helhetlig forstand er fortsatt kun teoretisk forankret.

Informantene understreker behovet for fysisk eksperimentering i storskala. Ingen formell prosess er startet i forhold til gjennomføring av en eventuell pilot – noe som ville vært ideelt for usikkerhetsreduksjon. Funksjonen vurderes således som svak, og må styrkes gjennom F2 og F5.

5.2.4 (F4) Markedsutvikling

Markedsutvikling er imperativt i et hvert system, ikke minst i den formative fasen. Forsøk på markedsutvikling har foregått helt siden første foreslåtte fjordkryssing med rørbru over Karmsund i 1948. Etter dette har flere kryssinger blitt foreslått og vurdert både i Norge og internasjonalt, men markedet har aldri formalisert seg i et konkret prosjekt. Rørbru som

forslag har i de fleste tilfeller blitt stoppet før det har nådd frem til en reell vurdering i konkurranse med andre alternativ.

For nye teknologier er det først og fremst nødvendig å skape et såkalt nisjemarked; et beskyttet marked hvor teknologien får mulighet til å finne sin form gjennom læringsprosesser og eksperimentering, uten å være utsatt for teknologisk konkurranse. Kemp m.fl. (1998) mener strategisk utvikling av nisjemarkeder er en av de viktigste prosessene for å skape regimeskifter i favør av en ny teknologi.

«Without the presence of a niche, system builders would get nowhere. The niches were instrumental in the take-off of a new regime and the further development of a new technology. Apart from demonstrating the viability of a new technology and providing financial means for further development, niches helped to build a constituency behind a new technology, and to set in motion interactive learning processes and institutional adaptations – in management, organization and the institutional context – that are all-important for the wider diffusion and development of the new technology» (Kemp m.fl., 1998, s. 184).

Hekkert m.fl. (2007) vektlegger også betydningen av nisjemarkeder for å gi ny teknologi muligheten til å vise seg konkurransedyktig. Utnevningen av Høgsfjord som et pilotprosjekt kan i denne sammenheng forstås som forsøket på å etablere en form for nisjemarked for rørbrukonseptet. Ved utprøving i realistiske omgivelser (F3) vil læringsprosesser finne sted som en følge av bekreftelse/avkreftelse av teoretiske antagelser; om eksempelvis installasjonsprosessen samt konstruksjonens oppførsel under naturlig belastning. En utviklet kunnskapsbase (F1) skaper tillit til og muligens interesse for teknologien (F5), noe som mobiliserer aktører til å entre systemet (F2). Således kan pilotprosjektet skape rom for at systemkomponenter faller på plass - og teknologien gis mulighet til å vise seg konkurransedyktig vurdert opp mot andre alternativ.

Gjennomføringen av et pilotprosjekt har imidlertid ikke funnet sted. Høgsfjordprosjektet ble ikke prioritert fra statlig hold og falt derfor fra som alternativ løsning, til tross for pilotprosjektstatus og vedtak i fylkestinget om å videreføre rørbruprosjektet.

Markedsutviklingen knyttet til undersjøisk tunnel hadde pågått i lengre tid gjennom tunneler bygd internasjonalt, og også i Norge. Konkurransen fra det relativt etablerte tunnel TIS påvirket retning av innovasjon (F2) i favør av tunnelkonseptet og blokkerte dermed markedsutviklingen for rørbru TIS. Samtlige informanter fremhever hvilken betydning Høgsfjordprosjektet potensielt kunne ha hatt for rørbrukonseptets innovasjonsprosess. Informant4 beskriver det på følgende måte:

«Og så kom jo da denne Høgsfjordutbyggingen som jo nesten hele verden, hvert fall i sånn fjordkryssingssammenheng, ventet på. For det var veldig ideelt både med tanke på dybde, lengde, sted i forhold til store miljølaste som havbølger, og så videre. Den var jo kommet ganske langt før den da av politiske grunner ble stoppet. Så det - tror jeg, og mange med meg - var egentlig et skikkelig skudd for baugen for realisering av rørbru. Der hadde nok sannsynligvis en rørbru blitt realisert hvis man hadde valgt å gå videre med den kryssingen. For da var vegdirektøren villig til å betale litt ekstra i forhold til en mer konvensjonell løsning for rett og slett å få denne teknologien realisert for første gang. Så det var litt uheldige omstendigheter akkurat der. Om det hadde blitt det vet man jo ikke - men som sagt; det er flere av oss som tror at det kunne ha blitt realisert - og sånn sett så hadde nok det blitt et gjennombrudd tror jeg, ja» (Informant4, personlig samtale, 2014).

Informant4 bekrefter at selskapet NSFT slet med å etablere seg i etterkant av Høgsfjordprosjektet som en konsekvens av det utviklede markedet. Situasjonen hadde antageligvis vært annerledes hvis Høgsfjordprosjektet hadde blitt realisert.

Hidra har potensiale til å kunne bli det neste planlagte pilotprosjektet, men det er fortsatt usikkert om det vil bli prioritert (som beskrevet i kapittel 3.1.). Flere av informantene mener ferjefri E39 muligens vil være rørbrukonseptets siste realiseringsmulighet. Med tanke på tidsperspektivet for dette prosjektet vil resultater fra en eventuell pilot mest sannsynlig komme for sent til å innvirke på konseptvalgene for E39. Det kan dermed være mer aktuelt å starte direkte på en av de større fjordkryssingene innenfor rammene av prosjektet om rørbrua skal ha mulighet til realisering. Informant5 nevner mulighetene for å gå rett på en av de store fjordene. Med tanke på omfanget av de økonomiske konsekvensene hvis noe skulle gå galt i et større prosjekt mener han samtidig at det ville være riktigere å satse på et pilotprosjekt i første omgang. Informanten påpeker dessuten at det kan bli vanskelig å få politiske beslutningstakere til å akseptere risikoen ved et større prosjekt, slik som også ble understreket i funksjon F3.

Det er delte meninger blant informantene om rørbruas markedspotensiale i dag. Det er klart at E39 skaper et potensielt marked for rørbrukonseptet ved at teknologiutvikling er nødvendig for å krysse de største og mest krevende fjordene. Rørbrukonseptet får derfor på nytt en mulighet til å vise seg konkurransedyktig sammenlignet med andre metoder. Informant9 beskriver hvordan informantens arbeidsplass alltid har vurdert rørbrukonseptet som et viktig produkt, og ser rørbru-satsing som strategisk for fremtiden. Av informant10 blir jeg derimot fortalt at entreprenørselskapet ikke anser rørbru som å ligge nært fremme i det som kommer av samferdselsprosjekter. De forbereder seg derfor heller ikke på slike prosjekt. Informanten begrunnelse er at mange andre samferdselsprosjekt anses som mer realistiske på grunn av deres tydeligere forankring i NTP, lavere risiko og større mulighet for økonomisk lønnsomhet

(se sitat fra F1). Informantens begrunnelser er derfor tydelig knyttet til aspektene ved funksjon F2, som tyder på at insentivene for å satse på et rørbruprosjekt er lave grunnet få eksplisitte teknologimål i forbindelse med E39. Hvis beslutninger om trasevalg blir tatt, kombinert med at rørbrukonseptet viser seg å være det mest effektive, eller eneste løsning, vil et marked for konseptet naturlig kunne ta form.

Beslutninger om trasé påvirker derfor teknologivalg og således potensialet for markedsutvikling i stor grad. På spørsmålet om hva informantene tror må være på plass for at et rørbrukonsept kan realiseres, svarer informant9 følgende:

«Penger. Politisk beslutning om å sette i gang disse fjordkryssingene (E39), og med en gang det er på plass så tror jeg en rørbru kan komme. Og da kommer den hvis den viser seg å være den mest effektive løsningen. Det tror jeg» (Informant9, personlig samtale, 2014).

Basert på disse funnene er det klart at funksjonen markedsutvikling må styrkes, noe som skjer i ringvirkninger først og fremst fra funksjon F2 gjennom eventuelle konseptvalg og gjennom styrket eksperimentering (F3) hvis det besluttet å gjennomføre en eventuell rørbru-pilot.

Generell vurdering av funksjon F4: Markedsutvikling er en av de svakeste funksjonene i rørbru TIS. Gjennomføring av et pilotprosjekt kan styrke funksjonen og få viktige systemkomponenter/aktiviteter til å falle på plass gjennom å fungere som et nisjemarked. Tid er imidlertid et dilemma, og muligheten for å starte opp et større rørbruprosjekt i forbindelse med E39 må vurderes. Funksjonen kan særlig styrkes gjennom beslutninger om trasevalg for E39 (som beskrevet gjennom F2) samt F3.

5.2.5 (F5) Legitimering

De mange forslag om fjordkryssing med rørbru som har blitt lagt frem og siden avvist gjennom årene er en indikasjon på at teknologiens sosiale aksept har vært lav. Forsøk på å skape legitimitet kan imidlertid observeres; eksempelvis i Erik Ødegård sin innsats for å skape interesse for, og anerkjennelse av, konseptet. Den noe økte interessen som viste seg på 60-tallet kan blant annet ses som et resultat av Ødegårds entreprenørskap. Samtidig gjorde den teknologiske «krisen» seg gjeldene i forbindelse med Askøy og Eidsfjorden. Mangelen på kryssingsalternativ påvirket funksjon F2, noe som følgelig gav rørbrukonseptet økt oppmerksomhet og legitimitet som alternativ fjordkryssingsløsning.

Zimmerman og Zeitz (2002), blant flere, påpeker at legitimering ikke skjer av seg selv, men er noe som må formes og skapes gjennom aktørers bevisste handlinger. I oppgavens første del ble det klart at rørbruteknologien ikke får gjennomslag som fjordkryssingsløsning som en følge av etablerte systemers ekskluderende effekt. Etablerte TIS har opparbeidet seg sosial aksept gjennom lang tids erfaring og fortrolighet med teknologien, noe som således forsterkes av sosiale institusjoner. For å overkomme ulempen av å være ny er det behov for en form for manipulering av det institusjonelle rammeverket, slik at det blir samsvar mellom den nye teknologien og de etablerte institusjoner (Bergek m.fl., 2008; Zimmerman og Zeits, 2002).

“The key point from our perspective is that legitimacy is a relationship between the practices and utterances of the organization and those that are contained within, approved of, and enforced by the social system in which the organization exists.” (Zimmerman & Zeits, 2002, s. 416).

Hekkert m.fl. (2007) vektlegger rollen interessegrupper har i en slik prosess. Interessegrupper kan drive lobbyvirksomhet som påvirker funksjonsaktiviteter og det institusjonelle rammeverket, og er således en manipuleringsfaktor som motvirker inertia og bidrar til å skape legitimitet for satsing på en ny teknologisk bane. Med andre ord kan interessegrupper fungere som en eventuell katalysator for legitimeringsprosessen, som er med på å skape mulighetsrom (F3), og institusjoner som fremmer den nye teknologien blir forsterket (Jacobsson, 2011).

Erik Ødegård kan, som allerede nevnt, beskrives som en slik støttespiller for rørbruteknologien ved at han spredte informasjon og fremmet forslaget der muligheten bød seg. Videre beskriver informantene fra Høgsfjordprosjektet hvordan støtte fra sentrale fagpersoner hadde hatt stor betydning for prosjektets levedyktighet. Brudirektøren i SVV blir eksempelvis beskrevet som sentral.

«Han fikk tatt en sikkerhetsvurdering som endte positivt ut, og da sa han at - nå er vi klare, dette kan vi bygge. Så vi må ha noen med mot nok til å si det samme» (Informant4, personlig samtale, 2014).

Informantene med roller i de lokale myndighetsorganene bekrefter også dette, og var selv viktige interessenter for å drive teknologidebatten i favør av rørbruforslaget. Den sterke opposisjonen som arbeidet for tunnelforslaget Ryfast var derimot en interessegruppe som drev lobbyvirksomhet i motsatt retning, og kan således beskrives som en av blokkeringsmekanismene for legitimeringsprosessen.

Bergek, Jacobsson og Sanden (2008) hevder legitimeringsprosessen i et TIS som befinner seg i den formative fase først og fremst må dreie seg om å få teknologien akseptert som et realistisk alternativ til etablerte metoder. Dette kan beskrives som en form for ekspertlegitimerting (legitimitet hos den faglige ekspertise), som oppnås gjennom å eksperimentere med teknologien for å se anvendelsesmuligheter (F3) samt en vurdering av samfunnsmessige behov. Institusjonaliseringen av rørbrukonseptet gjennom rørbruutvalgene er en indikasjon på en begynnende ekspertlegitimerting omkring teknologien.

Høgsfjordprosjektet er dessuten et resultat av forskningsgruppens arbeid, og kan derfor ses som stadfestingen av økt legitimitet. Det samme kan sies om Vegdirektoratets godkjenning av de fire konseptforslagene og de involverte byggentreprenørenes entusiastiske holdning. Det er derfor mange indikasjoner på at det under Høgsfjord eksisterte en såkalt ekspertlegitimitet for rørbruteknologien blant fagpersoner, som var med på å drive prosjektet fremover.

Ekspertlegitimerting er imidlertid ikke nok. Det er også nødvendig å skaffe bredere oppslutning rundt teknologien ved å flytte legitimeringsprosessen ut i den videre kontekst, slik at den også innebefatter politiske aktører og lekfolk (eventuelt andre ekspertmiljøer). Det er kun på denne måten rørbru TIS kan komme ut av den formative fase og over i vekstfasen. Nødvendigheten av dette ses i det faktum at Høgsfjordprosjektet ble skrinlagt – og prosjektet er derfor et eksempel på en samferdselssak som ikke kunne vinne frem kun basert på en teknisk-økonomisk argumentasjon. Prosjektet i sin helhet manglet legitimitet, noe som var knyttet til forhold som lokasjon, kostnad og miljøaspekter. For å oppnå bredere sosial aksept må teknologien nødvendigvis knyttes opp til et konkret prosjekt som ikke går på bekostning av lokale og samfunnsmessige behov. Hvis rørbru i så tilfelle viser seg som den beste kryssingsmetoden, vil legitimitet kunne skapes nettopp fordi legitimitetsprosessen er knyttet til det konkrete prosjektet, og ikke teknologien i seg selv.

I perioden *etter* Høgsfjordprosjektet er det klart at interessen for konseptet var lav. I Norge skjedde det lite på rørbrufeltet, og endrede kvalitetskrav gjorde at de godkjente konseptforslagene fra Høgsfjord ikke lenger kunne anses som sikkerhetsmessig forsvarlige. Denne situasjonen endret seg ikke i betydelig grad før ferjefri E39 kom på banen. Prosjektet i sin helhet har vært med på å styrke rørbrukonseptets sosiale aksept ved at informasjon har blitt spredt i fagfelt og i media, og det teoretiske arbeidet gjort i forbindelse med mulighetsstudien for Sognefjorden bidro til på nytt å styrke ekspertlegitimiteten. Indikasjoner på dette ses i informantenes respons på spørsmålet om teknisk situasjon og realiserbarhet, i at

flere av informantene føler seg trygge på at konseptet er teknisk gjennomførbart (se F1). Skeptikere finnes imidlertid også, noe som tyder på at ekspertlegitimeringen bør styrkes ytterligere.

Risikobildet knyttet til sikkerhet er sentralt i forhold til legitimering. Det psykologiske sikkerhetsbildet ble trukket frem allerede på 60-tallet i forbindelse med Askøyforbindelsen. Det er særlig relevant da en rørbru, i tillegg til å være en tunnellignende konstruksjon, også er en flytende konstruksjon - noe det nødvendigvis vil være knyttet skepsis til. Brukeres tiltro til konseptet kan derfor ha en innvirkning på hvor høye sikkerhetskrav som stilles til konstruksjonen. I informantsamtalene blir det klart at sikkerhetsbildet må dokumenteres bedre, og at det er nødvendig å finne gode og troverdige løsninger på de ulike hendelser som kan inntreffe (se kapittel 1.2.1.). Det er imidlertid tydelig at det noe ulikt syn på hvor stor betydning dette aspektet har for konseptet realiserbarhet og brukbarhet. Informant9 beskriver eksempelvis sikkerhetsbildet som noe håndterbart, og i mange tilfeller løst. Informant2 understreker at det er realistisk å være redd for slike hendelser, men at risikoen er overdrevet. Ifølge informanten vil en rørbrukonstruksjon være like sikker som en annen konstruksjon. Informant10 tegner et mer dramatisk bilde av situasjonen og påpeker problematikken i å skape tiltro hos befolkningen:

«Og så har den (konseptet) jo blitt mye mer kompleks etter Høgsfjorden for du har fått dette med separate løp og rømningsveier (...) Og så har du fått et mye mer komplekst bilde med terror og andre type laster som man før ikke tenkte seg mulig. Nå er jo egentlig alt mulig. Så om folk vil føle at det er trygt å kjøre i et rør som flyter i vannet - jeg vet ikke. Jeg tror det er en utfordring i å overbevise folk om at det er trygt» (Informant10, personlig samtale, 2014).

De færreste av informantene mener imidlertid at majoriteten av sikkerhetsspørsmålene er løst, og flere understreker nødvendigheten av å få svar på slike problemstillinger for å komme videre i arbeidet. Det er samtidig grunn til å spekulere i om behovet for å arbeide frem konkrete svar på sikkerhetsspørsmålene først og fremst styres av aktørenes bevissthet om at slike svar øker konseptets sosiale aksept. Skepsis til nye konstruksjoner er iboende i samfunnet generelt og kan beskrives som en form for psykologisk hindringsmekanisme. Et eksempel beskrives for meg av informant3 om bygging av Norges første undersjøiske tunnel.

«Det var også sånn da vi begynte å bygge de undersjøiske tunnelene. Da var det veldig mange som så for seg at her kunne havet komme ned i hodet på dem. Og så bygde de den første til Vardø. (...) og det var jo så liten trafikk, så de brukte tunnelen til å jogge og trene og sånt. Plutselig så ble det helt ufarlig. Og i dag så er det vel egentlig få som er redd for å kjøre ned i

en undersjøisk tunnel. Jeg tror det er vanlig sånn tunnelubehag som slår ut» (Informant3, personlig samtale, 2014).

Med tanke på dette, og for å vende tilbake til problematikken med ulik vekting av sikkerhetsparametere, er muligheten for at sikkerhetsspørsmålene blir overvurdert, tilstede. Om dette er tilfelle vil jeg ikke spekulere i. Hovedpoenget er å understreke at spørsmål knyttet til både konstruksjonen og til generell samfunnssikkerhet har betydning for legitimeringsprosessen, og tydeligere svar på slike problemstillinger vil kunne bidra til en økt legitimering også utover ekspertmiljøet.

Ut fra analysen kan det se ut til at rørbrukonseptet per i dag har oppnådd økt ekspertlegitimering ved at konseptet blir vurdert i ferjefri E39, til tross for kontrovers rundt sikkerhetsspørsmål. Ekspertlegitimering betyr heller ikke at rørbru som fjordkryssingsløsning vil realiseres. Andre faktorer som lokasjon samt økonomisk og sosial gevinst knyttet til konkrete prosjekt vil nødvendigvis innvirke på om rørbru TIS er i stand til å mobilisere ressurser (F6) og skape etterspørsel (F4). Det er derfor behov for å skape legitimitet knyttet til et konkret prosjekt, noe som best drives fram av beslutninger om trasevalg. Lobbyvirksomhet fra aktører som påvirker etablerte institusjoner og statlige beslutningsprosesser har dessuten en sentral rolle i legitimeringsprosessen. Basert på flere informantuttalelser ser det ut til at innflytelsen fra slike interessenter er lav sammenlignet med tidligere. Mangel på sterke lobbygrupper kan gjøre at en videre legitimeringsprosess stagnerer.

Generell vurdering av funksjon F5: Rørbru TIS har ekspertlegitimitet i den forstand at rørbrukonseptet har blitt vurdert som realiserbart. Sosial aksept i den videre kontekst er imidlertid svak og må styrkes gjennom å vise fordelene med rørbrua i et konkret prosjekt. Interessegrupper må dessuten få styrket sin politiske slagkraft. Funksjonen kan styrkes gjennom F2 samt F3, og en styrket funksjon vil gi tilbakevendende ringvirkninger i blant andre F3 og F4.

5.2.6 (F6) Ressursmobilisering

Mobilisering av ressurser er viktig for å kunne utvikle den teknologiske kunnskapsbasen (Hekkert m.fl., 2007). Økonomiske ressurser skaper eksempelvis mulighetsrom for forskning, og nye aktører kan gi tilgang til kompetanse for bedre utnytting av teknologien. Rørbru TIS var i stand til å mobilisere slike ressurser til eksempelvis rørbruutvalgene, i tillegg til å tiltrekke seg både økonomiske midler og faglig ekspertise til Høgsfjordprosjektet. Stortingets

Samferdselskomite samt Høgsfjordbruene AS bevilget penger til prosjektet, i tillegg til innskudd fra entreprenørselskapene, som også bidro med sine respektive kunnskapsbaser i utvikling av konseptforslagene. Økonomisk støtte fra Vegdirektoratet kan imidlertid se ut til å ha vært vanskelige å skaffe.

«Men, vi følte av og til at det var ikke Vegdirektoratet som pushet oss eller pushet departementet. Det var gjerne slik at det var mer interesse i departementet og lokalt, enn det var i direktoratet. Og det var nok og en stor hemsko. Og det var alltid et problem når vi skulle skrive budsjettforslag; med tanke på bevilgninger og sånne ting fra staten sin side så slet vi litt med å få det inn. Så hadde ikke vi hatt det finansieringsselskapet (Høgsfjordbruene AS) så hadde vi jo egentlig stanget hodet i veggen veldig tidlig» (Informant3, personlig samtale, 2014).

Med tanke på dagens situasjon indikerer informantsamtalene at ressursmobilisering i rørbru TIS er lav. Det er også tydelig at ressursmobilisering til prosjektet ferjefri E39 er lav, noe som påvirker både markedssituasjonen (F4) og insentivene for å engasjere seg i rørbru TIS (F2) i negativ forstand. Informant3 er en av dem som understreker viktigheten av å mobilisere mer ressurser i tiden som kommer.

«Til nå så har vi vært en liten gruppe som har jobbet for fullt i halv tid eller deltid - sånn kan det ikke gå lenger. Et sånt prosjekt (E39) må skikkelig bemannes med folk og kompetanse, og de må ha penger. Det er den første forutsetningen for at vi skal komme i gang (Informant3, personlig samtale, 2014).

Informant10 er også klar i sine uttalelser på at Statens Vegvesen bør bruke adskillig mer penger for å gjøre prosjektet levedyktig, og med tanke på rørbrukonseptet beskrives mulighetsstudien for Sognefjorden som at det kun ble «skrapet litt på overflaten» av hva som vil være nødvendig for å utvikle konseptet til et reelt alternativ.

Underveis i arbeidet med denne oppgaven fikk jeg dessuten inntrykk av at kompetansen på rørbrukonseptet stort sett sitter hos de eldre fagaktørene, og særlig aktører som har vært involvert i Høgsfjordprosjektet. Flere informanter ble spurt om dette, og informant2 svarte eksempelvis at situasjonen er slik: «fordi det ikke har vært et naturlig tema å bry seg om. Før E39» (Informant2, personlig samtale, 2014). Informant9 beskriver situasjonen som at mangelen på betalte prosjekt (F4) er grunnen til at det har vært vanskelig å mobilisere aktører til systemet:

«Jeg tror det er så lenge det ikke er et marked der - og så er det ingen som bestiller studier, så det er ikke anledning til å sitte og jobbe med det. Du må ha betalte prosjekter for at et firma skal ha råd til å drive med det. Vi har gjort endel på frivillig basis. Såne konseptstudier blir jo gjerne - hvertfall i vår daglige drift, da - sett på som litt krydder. Men det skjerper en samtidig» (Informant9, personlig samtale, 2014).

Når det gjelder fagressurser er det særlig kompetanse fra maritime konstruksjoner som har vært nødvendig å skaffe for å videreutvikle rørbrukonseptet. Det kan imidlertid se ut til at institusjonelle regelverk i Statens Vegvesen har vanskeliggjort prosessen med å tiltrekke seg kompetanse fra andre fagmiljøer, ved at strenge rutiner kontrollerer hvordan stillingsutlysninger skal foregå.

«Det er jo ikke mange oljefolk som leser en vanlig annonse med SVV-logo. Du kaster ikke et blikk på det. Og vi lyste etter folk her, for - det er vel to år siden nå - og da ønsket jeg at vi skulle ha en annonse der vi brukte de spenstige illustrasjonene vi hadde, slik at folk så at det var ikke en helt alminnelig vegplanlegger eller økonomimedarbeider som de var ute etter. Men der har vi et internt regelverk som tilsier at en annonse skal se sånn ut. Det finnes ikke mulighet for å gi dispensasjon. Om jeg får en søker som er aktuell eller ikke, det har ingen betydning. Det sier litt om holdningen hos endel folk i etaten. Det viktige skulle jo være å klare å tiltrekke seg den aktuelle søkeren, og ikke å tviholde på et regelverk om hva slags farge og hvordan en annonse skal se ut» (Informant3, personlig samtale, 2014).

Informanten mener samtidig at med flere beslutninger om ferjefri E39 vil det være lettere å rekruttere fagfolk fra andre miljøer ettersom prosjektet sprer informasjon og gjør andre fagfelt oppmerksomme på hva som foregår. Dette kan bidra til en styrket ekspertlegitimering (F5) kombinert med insentiver for å entre systemet (F2). Fjordkryssingsgruppa er dessuten i gang med å styrke nettverkene til undervisningsinstitusjonene ved å starte samarbeidsprosjekt med NTNU og UiS, noe som også vil kanalisere informasjon og kunnskap (F1).

Informant5 på sin side mener at staten bør være mer villig til å bevilge økonomisk støtte og ta større del av ansvaret i usikre prosjekter. Mindre aktører har vanskelig for å sitte med risiko alene og insentivene for satsing innen samferdsel er små. Dette hemmer innovasjonsaktiviteter. Når det kommer til finansiering av Hydra er det klart at det er krevende å mobilisere statlige ressurser til fylkesveg, grunnet skillet mellom stat og fylkeskommune i fordeling av veiforvaltningsansvar. Hvis Hydra skal kunne bli en pilot for rørbrukonseptet er det imidlertid nødvendig at finansiering skaffes gjennom flere kanaler enn fylkeskommunen da fylkeskommunen verken har mulighet eller insentiv til å bevilge mer ressurser enn et konvensjonelt fjordkryssingsprosjekt ville kreve. Institusjonelle rammer hindrer derfor at det skapes et mulighetsrom for teknologien gjennom eksperimentering (F3). «For meg så virker jo det helt feil tenking - for med tanke på risikofordeling så er det den som har den største porteføljen som kan ta på seg et prosjekt med større risiko» (Informant5, personlig samtale, 2014). Slik som allerede beskrevet i F3, og som Hydra eksemplifiserer, har derfor statens risikovilje knyttet til mobilisering av ressurser en sentral rolle i å skape mulighetsrom for innovasjon. Dette bekreftes også av flere av informantene.

Generell vurdering av funksjon F6: Ressursmobilisering har funnet sted men langt fra i tilstrekkelig grad. Funksjonen vurderes derfor som svak. Funksjonen kan styrkes gjennom beslutninger tilknyttet E39 (F2) og en større risikovilje fra statlig hold for å skape rom for eksperimentering (F3).

5.2.7 (F7) Utvikling av positive eksternaliteter

Aktiviteter i en funksjon skaper ringvirkninger i flere andre viktige funksjoner. Å skape positive eksternaliteter er dermed nøkkelen til et styrket system (Bergek, Jacobsson og Sandén, 2008). Siden funksjon retter fokuset mot systemets egendynamikk blir den derfor bare kort beskrevet her, før den avsluttende drøftingen søker å vise hva som kan bidra til å skape slike positive virkninger i rørbru TIS.

Høgsfjordprosjektet hadde potensiale til å skape positive eksternaliteter. I etterkant av prosjektet er det imidlertid klart at arbeidet med rørbrukonseptet kun dreide seg om å gjøre de samme tingene på forskjellige steder. Teknologien ble med andre ord ikke videreutviklet i Norge, og konseptet er fortsatt kun teoretisk forankret. At rørbrua aldri har blitt bygget er dermed hovedindikasjonen på at funksjon F7 har vært og fortsatt er svak. Situasjonen kommer av at aktivitetene som finner sted i systemet ikke er sterke nok til å skape kumulative virkninger. Uten positive eksternaliteter vil heller ikke systemet øke i styrke, og rørbru TIS får ikke mulighet til å vise seg som et reelt alternativ til andre fjordkryssingsløsninger. Det er dermed behov for en katalysator som igangsetter en situasjon av kumulativ utvikling – hvor aktivitetene i systemet styrker hverandre og skaper en form for momentum. Katalysatoren må nødvendigvis finnes og styrkes i en av de andre funksjonene i rørbru TIS.

Generell vurdering av funksjon F7: Rørbru TIS har ikke klart å kumulere positive ringvirkninger slik at systemet styrkes. Det er behov for en katalysator som starter slike ringvirkninger i de andre funksjonene, noe som ut fra analysen kan se ut til å skje gjennom styrking av særlig funksjonene F2 og F5.

Funksjon	Vurdering
Kunnskapsutvikling og spredning	<p>Funksjonen må ses i forhold til komponenter som inngår i konseptet og konseptet i helhetlig forstand. Kunnskapsutvikling knyttet til komponenter har funnet sted, men selve konseptet er fortsatt teoretisk. Funksjonen vurderes likevel ikke som svak, og det er andre funksjoner som i første omgang må styrkes for å gjøre systemet levedyktig.</p>
Påvirkning på retning av innovasjon	<p>Insentivene for realisering av rørbru har variert i perioden ideen har eksistert på tegnebrettet. Styrkede insentiver har oppstått gjennom regjeringens ambisjoner om en ferjefri E39, men de er ikke tilstrekkelige. Det er imidlertid klart at funksjonen har potensiale til å skape ny «luft i ballongen» for rørbrukonseptet hvis det tas beslutninger om trasevalg knyttet til Ferjefri E39, og en finner at en rørbru er den mest effektive løsningen - noe som imidlertid kan være vanskelig å se gjennom samfunnsøkonomiske analyser. Beslutninger knyttet til trasevalg vil like fullt styrke F2, som igjen har effekter på funksjonene F3, F4 og F6, og påvirkning på retning av innovasjon kan således fungere som en katalysator for å skape positive ringvirkninger (F7).</p>
Eksperimentering	<p>Eksperimentering med komponenter av rørbru TIS har funnet sted, men konseptet i helhetlig forstand er fortsatt kun teoretisk forankret. Informantene understreker behovet for fysisk eksperimentering i storskala. Ingen formell prosess er startet i forhold til gjennomføring av en eventuell pilot – noe som ville vært ideelt for usikkerhetsreduksjon. Funksjonen vurderes således som svak, og må styrkes gjennom F2 og F5.</p>
Markedsutvikling	<p>Markedsutvikling er en av de svakeste funksjonene i rørbru TIS. Gjennomføring av et pilotprosjekt kan styrke funksjonen og få viktige systemkomponenter/aktiviteter til å falle på plass gjennom å fungere som et nisjemarked. Tid er imidlertid et dilemma, og muligheten for å starte opp et større rørbruprosjekt i forbindelse med E39 må vurderes. Funksjonen kan særlig styrkes gjennom beslutninger om trasevalg for E39 (som</p>

beskrevet gjennom F2) samt F3.

Legitimering

Rørbru TIS har ekspertlegitimitet i den forstand at rørbrukonseptet har blitt vurdert som realiserbart. Sosial aksept i den videre kontekst er imidlertid svak og må styrkes gjennom å vise fordelene med rørbrua i et konkret prosjekt. Interessegrupper må dessuten få styrket sin politiske slagkraft. Funksjonen kan styrkes gjennom F2 samt F3, og en styrket funksjon vil gi tilbakevendende ringvirkninger i blant andre F3 og F4.

Ressursmobilisering

Ressursmobilisering har funnet sted men langt fra i tilstrekkelig grad. Funksjonen vurderes derfor som svak. Funksjonen kan styrkes gjennom beslutninger tilknyttet E39 (F2) og en større risikovilje fra statlig hold for å skape rom for eksperimentering (F3).

Utvikling av positive eksternaliteter

Rørbru TIS har ikke klart å kumulere positive ringvirkninger slik at systemet styrkes. Det er behov for en katalysator som starter slike ringvirkninger i de andre funksjonene, noe som ut fra analysen kan se ut til å skje gjennom styrking av særlig funksjonene F2 og F5.

Figur 6: Funksjonene i rørbru TIS

6 Avsluttende kommentarer

Rørbru har lenge blitt ansett som et spennende fjordkryssingsalternativ, men hittil har ingen forslag blitt realisert. Det finnes flere tekniske argumenter for å satse på en slik konstruksjon; eksempelvis usynlighet, gradient og potensiell mulighet for lange spenn. Samtidig er det usikkerhetsaspekter iboende i at rørbrua fortsatt kun er teoretisk forankret. Ulempen av å være ny er som vist vanskelig å overkomme. Situasjonen blir forsterket av etablerte metoders dominerende posisjon som skaper stivhengighet i den bruteknologiske utviklingen.

Rørbruforslagene har blitt stoppet før de har rukket og nå frem til en faktisk og reell vurdering, og konseptet eksisterer bare som et håpefullt monster i brufeltet. I et forsøk på å svare på oppgavens første problemstilling: *Hvorfor har rørbruteknologien inntil nå ikke blitt tatt i bruk?* har derfor teknologiens historie og fremvekst blitt systematisk gjennomgått i lys av konkurransen mellom ny og etablert metode i brufeltet.

For at konseptet kan nå et utviklingsstadium som reelt vil kunne vurderes opp mot andre alternativ, er det nødvendig å skape vekstdynamikk i rørbruas innovasjonssystem. For å svare på oppgavens andre problemstilling: *Hva skal til for at teknologien i (nær) fremtid blir tatt i bruk?* har funksjonene i rørbru TIS blitt vurdert. Det er klart at det har skjedd mange viktige læringsprosesser knyttet til deler av den teknologiske kunnskapsbasen, men det er fortsatt en vei å gå før ideen rørbru kan klare overgangen til innovasjon. Som Hanson, Kasa og Wicken (2011) beskriver det, er det først når systemet går over i vekstfasen at den nye teknologien får samfunnsmessig betydning. Utfordringen til rørbru TIS er derfor å komme ut av den formative fasen. Overgangen skjer gjennom at strukturelle komponenter faller på plass, sentrale funksjoner og aktører blir engasjert, og det skapes grunnleggende forutsetninger eller institusjoner for at teknologien får støtte i samfunnet. Ut fra analysen synes det imidlertid klart at de institusjonelle rammene ikke støtter tilstrekkelig opp om utvikling og spredning av teknologien. Interessegruppene er dessuten forholdsvis svake.

Som påpekt i F7 klarer ikke rørbru TIS å skape positive eksternaliteter. Uten positive eksternaliteter vil heller ikke konfigurasjonen av aktører, institusjoner og nettverk innrette seg mot bruk og spredning av teknologien. Det er dermed behov for en katalysator som igangsetter en situasjon av kumulative virkninger - hvor aktiviteter i systemet styrker hverandre og skaper vekstdynamikk. Hvis en (eller flere) av funksjonene styrkes kan dette potensielt utløse en slik effekt.

Regjeringens ambisjoner om en ferjefri E39 skaper et potensielt marked for rørbruteknologien (F4) og kan engasjere aktører til å entre systemet gjennom påvirkning på retning av innovasjon (F2). I første omgang vil det sannsynligvis ikke tas beslutninger direkte knyttet til rørbrukonseptet, men i stedet til konkrete bestemmelser om trasé for kryssing av de respektive fjordene, noe som påvirke søkeretningen etter aktuell teknologi. For spennvidder på over 2 kilometer vil det dessuten eksistere et langt mer konkret konkurranseforhold mellom rørbru og de konvensjonelle metodene. Dette kommer nødvendigvis an på de stedlige forhold samt kriterier for den aktuelle kryssingen. Hvis rørbrukonseptet, ut fra slike kriterier, viser seg å være den mest konkurransedyktige (eller eventuelt eneste) løsningen, vil insentiver skapes for en satsing på rørbrukonseptet fremfor konvensjonelle metoder. Beslutninger lar imidlertid vente på seg. Dette gjør at det ikke eksisterer tilstrekkelig press på teknologiutvikling verken i den ene eller den andre retningen, og funksjon F2 blir følgelig svak.

En av rørbrukonseptets største utfordringer er å få oppslutning rundt teknologien (F5). Uten sterkere oppslutning, stiller konseptet svakt når det kommer til å motvirke en situasjon av inertia. Funn i analysekapittelet indikerer imidlertid at den lave oppslutningen om rørbruteknologien ikke er tilknyttet ren teknologivurdering. Gjennom forskningsresultater og samtaler med informanter kom det frem at konseptet begynner å få tyngde internt i ekspertmiljøet. En slik ekspertlegitimering er imidlertid ikke nok. Det er også nødvendig å skaffe bredere oppslutning om teknologien ved å forflytte legitimeringsprosessen ut i den videre kontekst, slik at den også omfatter politiske aktører og lekfolk (eventuelt andre ekspertmiljøer). Det blir dermed nødvendig å vise til en form for samfunnsnytte. En «gevinst» må synliggjøres for å skape vilje til å igangsette pionerprosjekter – slik tilfellet var ved utviklingen av oljeproduksjon i Nordsjøen. I forhold til rørbrua er imidlertid ikke de samfunnsøkonomiske gevinstene vurdert som tilstrekkelig store til at samfunnet eller myndighetene har ønsket å gå aktivt inn med politiske virkemidler for realisering. Samfunnsnyttan må derfor illustreres gjennom et konkret og reelt prosjekt, hvor rørbruas fordeler kommer til syne. Problemet med Høgsfjordprosjektet var at trasevalget i seg selv var debattert. Aktører hadde svært ulike syn på hvor traseen burde legges, og rørbruteknologien kunne dermed plasseres midt i debatten og fremmes både som en fordel og som en ulempe. I virkeligheten handlet ikke debatten om teknologien. Med andre ord må en eventuell legitimeringsprosess i første omgang knyttes til en aktuell fjordkryssing som har oppslutning i den videre kontekst før prosessen kan kobles direkte til rørbruteknologien. På den måten vil beslutningen dreie seg om den konkrete fjordkryssingen, og ikke metoden og teknologien i

seg selv. Legitimitet knyttet til en konkret kryssing gir rom for eksperimentering (F3) i rørbru TIS. Hvis eksperimenteringen skaper kunnskapsutvikling (F1) vil dette redusere usikkerhet knyttet til teknologien og forsterke legitimeringsprosessen (F5).

Lobbygruppers rolle i dette bildet er sentralt. Lobbygrupper vil kunne innvirke på etablerte metoders dominerende posisjon ved å påvirke institusjoner i favør av ny teknologi. Flere av informantene viste til hvor imperativt det var med sterke interessenter i tiden rundt Høgsfjordprosjektet. Mangelen på slike interessenter i dag ser ut til å være en underliggende trussel for innovasjonsprosessen. Interessegrupper kan likevel vokse frem hvis en konkret kryssing oppnår legitimitet i den videre kontekst, basert på stedlige forhold og lokale interesser. I slike tilfeller vil lokale aktører støtte opp om prosjektet og bidra til å skape politisk forankring.

Ut fra omstendighetene denne oppgaven beskriver synes det klart at beslutninger om trasé, prosjektlegitimering samt lobbygruppers innsats kan føre frem til et vedtak om gjennomføring av et rørbruprojekt. En gjennomføring krever imidlertid at det utformes en prosjektform hvor noen, eventuelt Statens Vegvesen, tar et risikoansvar - enten som byggherre eller sammen med den eventuelle byggherren. Som beskrevet vil et TIS bare utvikle seg dersom det finnes aktører som gir seg i kast med usikre anvendelsesmuligheter, gjør oppdagelser eller skaper nye mulighetsrom. Aktuelle mulighetsrom kan knyttes til en av de større fjordkryssingene i ferjefri E39, eller til Hydra som et pilotprosjekt. Tilrettelegging av et slikt mulighetsrom kan føre ideen bort fra tegnebrettet og over i en faktisk og reell innovasjon.

Litteraturliste

- Baxter, J. 2010, "Case studies in qualitative research", i Hay, I. (red.) 2010, *Qualitative research methods in human geography*, 3. utg., Oxford, Canada, s. 81-98.
- Berge, F. 1998, "Hard kritikk mot vegsjefen", *Rogalands Avis*, 2. mars.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. og Rickne, A. 2008, "Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis", *Research Policy*, 37, s. 407-429.
- Bergek, A. Jacobsson, S. og Sandén, B. 2008, "'Legitimation' and 'development of positive externalities': Two key processes in the formation phase of technological innovation systems", *Technology Analysis & Strategic Management*, 20, 5, s. 575-592.
- Bergen Havneingeniørkontor og Kommunens statiker og konsulent i jernbetong. 1963, [uten tittel]: i Ødegård, E. (red.) 1987, *Avslutning av arbeidet med rørbruer knyttet til Vegdirektoratets bruavdeling*, bind 1, Vegdirektoratet, Oslo.
- Castellacci, F. 2008, "Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation", *Research Policy*, 37, s. 978-994.
- Coenen, L. og Diaz Lopez, F.J. 2010, "Comparing systems approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: An explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities", *Journal of Cleaner Production*, 18, s. 1149-1160.
- David, P.A. 1985, "Clio and the economics of QWERTY", *The American Economic Review*, Vol. 75, 2, s. 332-337.
- Dosi, G. 1982, "Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technological change", *Research Policy*, 11, s. 147-162.
- Dowling, R. 2010, "Power, subjectivity, and ethics in qualitative research", i Hay, I. (red.) 2010, *Qualitative research methods in human geography*, 3. utg., Oxford, Canada, s. 26-39.
- Dunn, K. 2010, "'Doing' qualitative research in human geography", i Hay, I. (red.) 2010, *Qualitative research methods in human geography*, 3. utg., Oxford, Canada, s. 99-137.
- Edquist, C. 2005, "Systems of innovation: Perspectives and challenges", i Fagerberg, J., Mowery, D.C. og Nelson, R.R. (reds.) 2005, *The oxford handbook of innovation*, Oxford University Press, Oxford, s. 181-208.
- Fagerberg, J. 2005, "Innovation: A guide to the literature", i Fagerberg, J., Mowery, D.C. og Nelson, R.R. (reds.) 2005, *The oxford handbook of innovation*, Oxford University Press, Oxford, s. 1-27.
- Flaate, K. og DiBiagio, E. 2001, "From subsea to submerged floating tunnels": presentert på *the Canadian Geotechnical Conference, September 15-18 2001, Calgary, Canada*.
- Forum of European National Highway Research Laboratories. 1996, "Analysis of the submerged floating tunnel concept", forskningsrapport nr. 2a. Transport Research Laboratory, Berkshire.
- Freeman, C. 1995, "The 'national system of innovation' in historical perspective", *Cambridge Journal of Economics*, s. 5-24.

Fyksen, S. 1985, "Stamvegen i vest: Samfunnsmessige vurderinger for avløsning av ferjesamband", i Statens Vegvesen. 1985, *Fjordkryssinger: Teknologiske løsninger for ferjefri vegforbindelse, Seminar i Stavanger, 21-22 august*, s. 10-16.

Gudlaugsson, K. 1998a, "Undersjøisk tunnel kan være bedre enn rørbru", *Rogalands Avis*, 20. februar.

Gudlaugsson, K. 1998b, "Vedtak bør ikke tas på sviktende grunnlag", *Rogalands Avis*, 24. februar.

Hanson, J., Kasa, S. og Wicken, O. 2011, "Innledning", i Hanson, J., Kasa, S. og Wicken, O. (reds.) 2011, *Energirikdommens paradokser: Innovasjon som klimapolitikk og næringsutvikling*, Universitetsforlaget, Oslo, s. 11-20.

Haugerud, S.A., Olsen, T.O. og Muttoni, A. 2001, "The Lage Lugano crossing: Technical solutions": i Krokeborg, J. (red.), *Swets & Zeitlinger B.V., Strait Crossings 2001, Lisse, Nederland*, s. 563-597.

Hekkert, M.P., Suurs, R.A.A., Negro, S.O., Kuhlmann, S. & Smits, R.E.H.M. 2007, "Functions of innovation systems: A new approach for analyzing technological change". *Technological Forecasting and Social Change*, 74, s. 413-432.

Hong, Y. Mazzolani, F.M. og Gao, F. 2010, "ISAB-2010: Foreword", *Procedia Engineering*, 4, s. 1-2.

Hughes, T. P. 1983, *Networks of power: electrification in Western society, 1880-1930*. John Hopkins University Press, London.

Iversen, G. 1948, "Patentkrav nr. 91699": i Ødegård, E. (red.) 1987, *Avslutning av arbeidet med rørbruer knyttet til Vegdirektoratets bruavdeling*, bind 1, Vegdirektoratet, Oslo.

Jacobsson, S. 2011, "Systembygging for ny energi", i Hanson, J., Kasa, S. og Wicken, O. (reds.) 2011, *Energirikdommens paradokser: Innovasjon som klimapolitikk og næringsutvikling*, Universitetsforlaget, Oslo, s. 45-56.

Jacobsson, S. og Bergek, A. 2004, "Transforming the energy Sector: The evolution of technological systems in renewable energy technology", i Klaus, J., Binder, M. og Wieczorek, A. (reds.) 2004, *Governance for industrial transformation. Proceedings of the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*, Environmental Policy Research Centre: Berlin, s. 208-236.

Kanie, S. 2010, "Feasibility studies on various SFT in Japan and their technological evaluation", *Procedia Engineering*, 4, s. 13-20.

Kearns, R.A. 2010, "Seeing with clarity: Undertaking observational research", i Hay, I. (red.) 2010, *Qualitative research methods in human geography*, 3. utg., Oxford, Canada, s. 241-258.

Kemp, R., Schot, J. og Hoogma, R. 1998, "Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management", *Technology Analysis & Strategic Management*, 10, (2), s.175-195.

Kuhn, T.S. 1962, "The structure of scientific revolutions", *International Encyclopedia of Unified Science*, 2. utg., The University of Chicago, Chicago.

Kvale, S. 2007, *Doing interviews*, Sage, London.

Lundvall, B. 2007, "Innovation system research and policy: Where it came from and where it might go", *CAS Seminar, Oslo, Desember 4*.

- Lundvall, B. 1992, "Introduction": i Lundvall, B. (red.) 1992, *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*, Pinter, London.
- Minken, H. 2013, *Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av ferjeavløsningsprosjektene på E39 mellom Stavanger og Trondheim*. Rapport 1272, Transportøkonomisk Institutt, Oslo.
- Mokyr, J. 1990, *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*, Oxford University Press, New York.
- Nelson, R.R. 1995. "Recent Evolutionary Theorizing about Economic Change". *Journal of Economic Literature*. Vol. XXXIII, s. 48-90.
- Nelson, R.R. og Winter, S.G. 1977, "In search of useful theory of innovation, *Research Policy*, 6, s. 36-76.
- Olsen, S.M. 2008, *Broer i Norge*. Vigmostad & Bjørke, Bergen.
- Punch, K.F. 2005, *Introduction to social research: Quantitative and qualitative approaches*, 2. utg., Sage, London.
- Reinertsen Olav Olsen Gruppen. 2013, *Mulighetsstudie for kryssing av Sognefjorden: Neddykket rørbru*, Reinertsen Olav Olsen Gruppen.
- Rosenberg, N. 1972, "Factors affecting the diffusion of technology", *Explorations in Economic History*, 10, 1, s. 3-33.
- Skorpa, L. 2009, "The Høgsfjord SFT Project: What happened and what have been the consequences?": i *Proceedings of the Fifth Symposium on Strait Crossings, Trondheim, Norway, juni 21-24*.
- Skorpa, L. 1989, "Innovative Norwegian fjord crossings: How to cross the Høgsfjord, alternative methods", *Congresso AIOM*, Universitetet i Napoli, Italia, november 15-17.
- Skorpa, L. og Østlid, H. 2001, "Owners experience with the pilot project Høgsfjord submerged floating tunnel", *Proceedings of the Fourth Symposium on Strait Crossings, Bergen, Norge*.
- SINTEF. 1971, *Vurdering av dykkede, flytende rørbroer*, Sintef, Trondheim.
- Statens Vegvesen. 2012, *Ferjefri E39: Hovedrapport*. Statens Vegvesen.
- Statens Vegvesen. 2010, "Nye freifjordtunnelen ferdig". Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Ferdigprosjekt/rv70freifjordtunnelen/Nyhetsarkiv/nye-freifjordtunnelen-ferdig;jsessionid=0681C57533583E673C50CDAA95F2FF8A> [02. februar 2014]
- Statens Vegvesen. 2001, *Konsekvensutredning for Rv13 Ryfylkeforbindelsen*, Statens Vegvesen.
- Statens Vegvesen. "Rv. 13 Hardangerbrua". Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/Hardangerbrua> [02. februar 2014.]
- Statens Vegvesen. 1996, Submerged floating tunnels (SFT). *International Submerged Floating Tunnel Conference*. Sandnes, Norge, mai 29-30.
- St.meld. nr 26. (2012-2013). *Nasjonal Transportplan 2014-2023*, Samferdselsdepartementet.

Suurs, R.A.A., Hekkert, M.P., Kieboom, S. og Smits, R.E.H.M. 2010, "Understanding the formative stage of technological innovation system development: The case of natural gas as an automotive fuel", *Energy Policy*, 38, s. 419-431.

Tambs-Lyche, P. 1985, "Mulige løsninger for faste samband": i Statens Vegvesen. 1985, *Fjordkryssinger: Teknologiske løsninger for ferjefri vegforbindelse, Seminar i Stavanger, 21-22 august*, s. 18-37.

Thagaard, T. 2013, *Systematikk og innlevelse: En innføring i kvalitativ metode*, 4. utg., Fagbokforlaget Vigmostad og Bjørke, Bergen.

Thagaard, T. 2009, *Systematikk og innlevelse: En innføring i kvalitativ metode*, 3. utg., Fagbokforlaget Vigmostad og Bjørke, Bergen.

Tidd, J. og Bessant, J. 2009, *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change*, 4. utg., John Wiley & Sons, Chichester.

Torkelsen, J. H. 2013, "Vil ha fylkestinget med på å få vurdert rørbro til Hydra i Flekkefjord", Vest Agder Fylkeskomme, 17. oktober. Tilgjengelig fra: <http://www.vaf.no/arkiv/2013/10/vil-ha-fylkestinget-med-paa-aa-faa-vurdert-roerbro-til-hidra-i-flekkefjord/> [10.oktober 2013].

Unruh, G.C. 2002, "Escaping carbon lock-in". *Energy Policy*, 30, s. 317-325.

Unruh, G.C. 2000, "Understanding carbon lock-in". *Energy Policy*, 28, s. 817-830.

Utterback, J.M. 1996, *Mastering the Dynamics of Innovation*. Paperback, Harvard business School Press, Boston.

Vasseur, V., Kamp, L.M. og Negro, S.O. 2013, "A comparative analysis of Photovoltaic Technological Innovation Systems including international dimensions: the cases of Japan and The Netherlands". *Journal of Cleaner Production*, 48, s. 200-210.

Vegdirektoratets Rørbroutvalg. 1979, *Broforbindelse over Eidfjord Hardanger: Utredning av rørbroprosjekt Vallavik-Bu*, bind 2, Vegdirektoratet, Oslo.

Wang, J., Wang, X. og Zhou, X. 2011, "Submerged floating tunnel, a new type for transportation": i Peng, Q., Wang, K.C.P., Qiu, Y., Pu, Y. og Shuai, B. (reds.), *Proceedings of the Third International Conference on Transportation Engineering (ICTE)*, Chengdu, juli 23-25.

Winchester, H.P.M. og Rofoe, M.W. 2010, "'Introducing' qualitative research in human geography": i Hay, I. (red.) 2010, *Qualitative research methods in human geography*, 3. utg., Oxford, Canada, s. 3-24.

Yin, R. K. 2009, *Case study research: Design and methods*, 4. utg., Sage, Los Angeles.

Yin, R.K. 2014, *Case study research: Design and methods*, 5. utg., Sage, Los Angeles.

Zimmerman, M.A. og Zeitz, G.J. 2002, "Beyond survival: Achieving new venture growth by building legitimacy", *The Academy of Management Review*, 27, nr. 3, s. 414-431.

Ødegård, O. 1961, [uten tittel]: i Ødegård, E. (red.) 1987, *Avslutning av arbeidet med rørbruer knyttet til Vegdirektoratets bruavdeling*, bind 1, Vegdirektoratet, Oslo.

Ødegård, E. 1967a, [uten tittel]: i Ødegård, E. (red.) 1987, *Avslutning av arbeidet med rørbruer knyttet til Vegdirektoratets bruavdeling*, bind 1, Vegdirektoratet, Oslo.

Ødegård, E. 1948b, "Neddykkede rørbruer": i Ødegård, E. (red.) 1987, *Avslutning av arbeidet med rørbruer knyttet til Vegdirektoratets bruavdeling*, bind 1, Vegdirektoratet, Oslo.

Ødegård, E. 1967c, [uten tittel]: i Ødegård, E. (red.) 1987, *Avslutning av arbeidet med rørbruer knyttet til Vegdirektoratets bruavdeling*, bind 1, Vegdirektoratet, Oslo.

Øderud, H.T. og Nordahl, R.S. 2013, "Bro": i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/bro> [10.oktober 2013].

Østlid, H. 2010, "When is SFT competitive?", i Hong, Y., Mazzolani, M. og Gao, F. (reds.) *Procedia Engineering*, 4. *First International Symposium on Archimedes Bridge, ISAB-2010*, s. 3-11.

Bilder og figurer:

Prop. 109 S (2011–2012). *Utbygging og finansiering av rv 13 Ryfylkesambandet (Ryfast) og fastsetjing av styrings- og kostnadsramme for E39 Eiganestunnelen i Rogaland*, Samferdselsdepartementet.

SINTEF. 1971, *Vurdering av dykkede, flytende rørbroer*, Sintef, Trondheim.

Wallis, S. 2010, "Links across the waters", *Strait Crossings conference report*. Tilgjengelig fra TunnelTalk: <<http://www.tunneltalk.com/Strait-Crossings-Jan10-Conference-report.php>>, [05.september 2013]

Østlid, H. 2010, "When is SFT competitive?", i Hong, Y., Mazzolani, M. og Gao, F. (reds.) *Procedia Engineering*, 4. *First International Symposium on Archimedes Bridge, ISAB-2010*, s. 3-11.

Vedlegg

Vedlegg 1: Informantliste

Informant	Arbeid/posisjon	Organisasjon	Type	Måned/år
Fjordkryssings-gruppa	Delprosjekt -Fergefri E39	Statens Vegvesen	Møter	Desember 2013 – februar 2014
Informant1	Konsulent	Konsulentselskap / Tidligere Statens Vegvesen	Intervju	Mars 2014
Informant2	Seksjonssjef	Statens Vegvesen	Intervju	Mars 2014
Informant3	Sjefingeniør	Statens Vegvesen	Intervju	Mars 2014
Informant4	Sjefingeniør	Statens Vegvesen / Lang erfaring fra konsulentselskap	Intervju	Mars 2014
Informant5	Overingeniør	Statens Vegvesen	Intervju	Mars 2014
Informant6	Høgsfjordprosjektet: Sentral posisjon i fylkeskommunen	Fylkeskommunen Rogaland	Intervju	Mars 2014
Informant7	Høgsfjordprosjektet: Sentral posisjon i kommunestyret	Kommunestyret Strand, Rogaland	Intervju	Mars 2014
Informant8	Høgsfjordprosjektet: Journalist/politiker	Lokalavis i Stavanger / Arbeiderpartiet, Stavanger	Intervju	Mars 2014
Informant9	Design ingeniør	Konsulentselskap med kompetanse innen flytende betongkonstruksjoner	Intervju	Mars 2014
Informant10	Prosjekteringsledelse	Entreprenørselskap	Intervju	April 2014

Vedlegg 2: Intervjuguide

1. Når ble du først kjent med rørbrukonseptet?
2. På hvilken måte har du vært involvert?
3. Hvordan vurderes et rørbruprosjekt fra ditt respektive ståsted?
 - a. Vurderes den på lik linje med andre brukonstruksjoner?
 - b. Hvordan vurderes risikoen av å ta på seg et rørbruprosjekt?

Teknologi og kostnad

4. Hva anser du som de største utfordringene knyttet til realiseringen av rørbru?
 - a. Hvordan vurderer du den tekniske gjennomførbarheten av konseptet?
 - b. Kostnadsspørsmålet -
 - c. Sikkerhetsspørsmålet -

Legitimitet

5. Hvordan opplever du holdningene til konseptet i fagmiljø og blant beslutningstakere?
 - a. Finnes det sterke pådrivere/motstandere?
 - b. Har holdningene variert i perioden du har vært kjent med rørbruer?

Marked

6. Er rørbrua konkurransedyktig pr i dag? – Hvorfor/hvorfor ikke?
7. Hva mener du må til for at en rørbru bygges?
 - a. Hva ville realiseringen av et pilotprosjekt hatt å si?
 - b. Hvordan vurder du situasjonen av å gå rett på en større fjordkryssing?
8. Er det nødvendig å lansere bygging av rørbru som et nasjonalt teknologiutviklingsprosjekt?
9. Hvordan vurderer du rørbruas fremtid?

Vedlegg 3: Hovedplan for Høgsfjordprosjektet, Rv. 13 Vatnekrossen – Botne. Godkjenning av fjordkryssing



STATENS VEGVESEN
VEGDIREKTORATET

Vår dato
1990-10-30

Vår referanse
88/8163
PAN

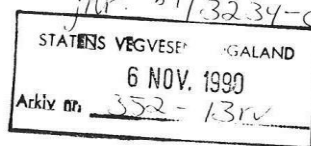
Vår saksbehandler - innvalgsnr.

Vårt ark.nr.

Deres referanse

Overing. Kjell Ottar Sandvik 639670 352 rv 13L

Statens vegvesen Rogaland
Vegkontoret
Postboks 197
4001 STAVANGER



HOVEDPLAN FOR HØGSFJORDPROSJEKTET, RV 13 VATNEKROSSEN - BOTNE. GODKJENNING AV FJORDKRYSSING

Vi viser til vårt brev av 15. november 1989 hvor vi godkjente de 3 hovedplanene for Høgsfjordprosjektet med unntak av teknisk løsning for kryssing av Høgsfjorden. Godkjenning av teknisk løsning ble utsatt i påvente av en samlet sikkerhetsmessig vurdering av rørbruprosjektet.

Følgende tekniske løsninger for kryssing av Høgsfjorden ble vurdert i hovedplanen for rv. 13 Vatnekrossen - Botne.

- undersjøisk fjelltunnel
- dypvannsfundamentert skråstagbru
- høy flytebru m/pontonger
- lav flytebru
- neddykket rørbru

Ved vår gjennomgang av hovedplanen i 1989 konkluderte Vegdirektoratet med at neddykket rørbru var den mest aktuelle løsningen for kryssing av Høgsfjorden. Det var ikke reelle alternativer med lavere anleggskostnad, og det var interesse for å vinne erfaring med denne konstruksjonstypen. Vegdirektoratet har etter dette arbeidet videre bare med rørbru som teknisk løsning.

Sikkerhetsvurderingen av rørbruprosjektet er nå gjennomført og konklusjonen er at kryssing av Høgsfjorden med rørbru kan godkjennes under forutsetning av at endel tiltak settes i verk. Tiltakene kan utføres innenfor prosjektet FoU-Rørbruer og i forbindelse med byggeplanleggingen av rørbrua. Vegkontoret er gjort kjent med de sikkerhetsmessige vurderingene ved brev datert 12. juli d.å. fra Vegdirektoratets bruavdeling.

Vegdirektoratet vil ut fra den positive sikkerhetsmessige vurderingen gå inn for at neddykket rørbru velges som teknisk løsning og at denne legges til grunn i den videre planleggingen av prosjektet.



Postadresse
Postboks 6390 Etterstad
0604 OSLO 6

Kontoradresse
Grenseveien 92
Telefax
(02) 63 97 68

Øvrige telefaxnr.
(02) 65 55 18 Disp
(02) 63 96 79 Drift
(02) 65 55 51 Drift
(02) 63 98 23 A-data

Telefon
(02) 63 95 00

Telex
21 542

Egne kontoradresser
Bruavdelingen
Grenseveien 97
Telefax (02) 63 98 66
Veglaboratoriet
Gautstadalléen 25
Telefon (02) 63 99 00
Telefax (02) 46 74 21



STATENS VEGVESEN
VEGDIREKTORATET

Side 2

Vår dato
1990-10-30

Vår referanse
88/8163
PAN

Vår saksbehandler - innvalgsnr.
Overing. Kjell Ottar Sandvik 639670 352 rv 13L

Vårt ark.nr.

Deres referanse

Det bør vurderes om rørbrua skal inneholde en gang-/sykkelbane adskilt fra kjørebane.

Prosjektet vil være avhengig av svært store offentlige midler i tillegg til det som trafikantene kan betale for at prosjektet skal kunne realiseres. Statlige midler til prosjektet vil først kunne realitetsvurderes i forbindelse med NVVP 1994-97. Etterfølgende hovedplanvedtak gir derfor ikke uttrykk for noen vurdering fra Vegdirektoratets side om hvorvidt prosjektet bør prioriteres innenfor statlige rammer til vegsektoren i denne perioden.

Hovedplanvedtak

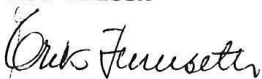
"Vegdirektoratet godkjenner neddykket rørbru som teknisk løsning for kryssing av Høgsfjorden mellom Lauvik og Oanes. Ved prosjektering legges til grunn en dimensjonerende hastighet på min. 80 km/t og kjørebanebredde på 2x3 meter".

Vedtaket er gjort under forutsetning av at en i det videre arbeidet ikke støter på uventede tekniske problemer som medfører vesentlig økning i kostnadsoverslaget.

Vegdirektoratet godtar med utgangspunkt i Planforskriftenes § 8.2 at endelig fastlegging av trase på Lauvik fra profil 20300 til rørbrua, og fra rørbrua ved Oanes og til profil 23000 vist på tegning B-A-7a i hovedplanen, kan skje i forbindelse med anbudsinnhenting/detaljplanlegging.

Vi ber vegkontoret gjøre vedtaket og adgangen til overprøving kjent.

Plan- og anleggsavdelingen
Med hilsen


Erik Furuseth
plan- og anleggsjef


Jan A. Martinsen
overingeniør

Kopi Samferdselsdepartementet
Strand kommune
Forsand kommune
Sandnes kommune

KOS/ÅB

Postadresse
Postboks 6390 Etterstad
0604 OSLO 6

Kontoradresse
Grenseveien 92
Telefax
(02) 63 97 68

Øvrige telefaxnr.
(02) 65 55 18 Disp
(02) 63 96 79 Drift
(02) 65 55 51 Drift
(02) 63 98 23 A-data

Telefon
(02) 63 95 00

Telex
21 542

Egne kontoradresser
Bruavdelingen Veglaboratoriet
Grenseveien 97 Gaustadalléen 25
Telefax (02) 63 98 66 Telefon (02) 63 99 00
Telefax (02) 46 74 21

Vedlegg 4: Dokumentliste, del 1.

En oversikt over analyserte dokumenter fra samlingen «Avslutning av arbeidet med rørbruer knyttet til Vegdirektoratets bruavdeling» (1987) av Erik Ødegård. Oversikten følger samlingens struktur. Flere av tekstene mangler publiseringsinformasjon. Dokumenter som direkte siteres i tekst vil også finnes i litteraturlisten.

Bind 1.

Forfatter	År	Dato	Tittel	Publisert	Sted	Type dokument
Reed, E.J.	1887	22.04	Complete specification	Darling and Son	London	Patent
Norsk Patent (offentliggjort av styret for det industrielle rettsvern)	1924	15.12	Fremstilling	Oscar Andersen boktrykkeri	Kristiania	Patent
Ødegård, E.	1947	20.11	Neddykket, flytende tunnel til krysning av fjordløp etc.		Stavanger	Patentsøknad
Iversen, G.	1948	6.09	Patentkrav nr. 91699	Stavanger Patentbyrå	Stavanger	Svar på patentsøknad
Ødegård, E.	1948a	12.05	Neddykket rørbru ved Salhus (beskrivelse)		Stavanger	
Ukjent forfatter	1948	10.07	Tunnel-bru over Salhus-sundet?	Stavanger Aftenblad	Stavanger	Avisartikkel
Ukjent forfatter	1948	03.07	Veimyndigheten vil undersøke om tunnel er bedre enn bro over Salhus	Haugesunds Dagblad	Haugesund	Avisartikkel
Ukjent forfatter	1948	13.07	Undersjøisk bru i Karmsundet?	Verdens Gang		Avisartikkel
Ødegård, E.	1948b		Neddykkede rørbruer			Beskrivelse av rørbruforslag
Ødegård, E.	1954		Det forankrede neddykkede rør som bærende konstruksjon	Teknisk Ukeblad	Oslo	Artikkel
Ødegård, E.	1955a		Kan vi klare	Teknisk	Oslo	Artikkel

			det?	Ukeblad		
Ødegård, E.	1953a	30.04			Trondheim	Brev (mottaker: Årseth, O.)
Årseth, O.	1953a	08.05			Brumunddal	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1953b	03.06			Trondheim	Brev (mottaker: Årseth, O.)
Årseth, O.	1953b	08.06			Brumunddal	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1955b	03.03	Forankret, neddykket rørbrø på Gjøvik- Lillehammerbanen?	Teknisk Ukeblad	Oslo	Artikkel
Tunold- Hanssen, T.	1955	11.03			Gjøvik	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1955c	15.03			Trondheim	Brev (mottaker: Tunold- Hanssen, T.)
Hovedstyret	1955	07.03	[Ang.] neddykket rørbrø på Gjøvik- Lillehammerbanen	Norges Statsbaner	Oslo	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ukjent forfatter	1956	24.03	«Tunnelprosjekter»	Statens Vegvesen, Møre og Romsdal	Molde	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Tønning, G.	1956	25.05	Vedr. fastlandsforbindelse Kristiansund	Tønning & Lieng	Kristiansund	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1956	27.05	Vedr. fastlandsforbindelse Kristiansund		Trondheim	Brev (mottaker: Tønning & Lieng)
Tønning, G.	1958	06.05	Vedr. fastlandsforbindelse Kristiansund	Tønning & Lieng	Kristiansund	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1959	16.09	Fastlands-		Trondheim	Brev

			forbindelse Kristiansund			(mottaker: Tonning & Lieng)
Ødegård, O.	1961	06.02				Brev (Mottaker: Torp, A.)
Ødegård, E.	1961	18.02	Kontinuerlig forankret brotunnel mellom Horten og Jeløya		Trondheim	Beskrivelse av rørbruforsla g
Ukjent forfatter	1961	23.02	Forankret brotunnel mellom Horten og Jeløya når fergekapasiteten sprenges	Tønsberg blad	Tønsberg	Artikkel
Ødegård, E.	1961	06.03				Brev (mottaker Torp, A.)
Ødegård, E.	1961	14.03	Brotunnel Horten-Jeløya		Trondheim	Brev (mottaker: Nygaard, A.)
Torp, A.	1961	12.04	Utdrag av brev fra vegsjef Alt Torp til vegsjef Olav Ødegård		Tønsberg	Avskrift av brev
Skoge, O.	1962	09.10			Kristiansun d	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1963	01.X	Avskrift av foredrag holdt i Kristiansund den 16/10 1962 av sivilingeniør Erik Ødegård		Aktuelt	Avskrift av foredrag
Oppegaard, K.H.	1963	18.01	Notat	Møre og Romsdal vegkontor	Molde	Notat
Ødegård, E.	1963	06.02	Foredrag i Kristiansund Handelsstand 6/2-1963			Foredrag
Skoge, O.	1962	05.12		By- ingeniøren	Kristiansun d	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Fastlands- komiteen for	1967	24.02	Referat fra møtet i	Fastlands- komiteen		Møtereferat

Kristiansund og Nordmøre			Fastlands- komiteen 24.februar 1967	for Kristiansun d og Nordmøre		
Walter, Ø.	1963	14.02		Bergen Kommune	Bergen	Brev (mottaker: Kommunens statiker og konsulent i jernbetong)
Bergen Havneingeni ørkontor og Kommunens statiker og konsulent i jernbetong	1963	25.02		Kommunen s statiker og konsulent i jernbetong	Bergen	Faglig vurdering av rørbruforesla g
Hauge, E.H.	1964	26.08		Tiltaks- nemda for Industri og Handel	Bergen	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1964	19/10	Fast vegforbindelse Bergen-Askøy		Vågstranda	Brev med vedlagt notat (mottaker: Bergen Kommunale Industri- og Tiltaksnevn d)
Hauge, E. H.	1966	19.12			Bergen	Brev (mottaker: Brandtzæg, A.)
Ukjent forfatter	1966	05.12	Askøy-bru om ti år?	Bergens Tidene	Bergen	Artikkel
Bjørkaas, O.	1963	25.06		Askøy Kommune	Kleppestø	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1963	25.08	Flytende tunnel til Askøya		Vågstranda	Brev (mottaker: ordføreren, Askøy kommune)
Ødegård, E.	1967	X.02	Foredrag om faste vegforbindelser over brede fjorder og sund			Foredrag

			(for Kristiansund ingeniørforening)			
Torpp, O.A.B.	1967	09.03	Tunnelforbindel se under havflaten			Brev (mottaker: Vegsjefen i Møre og Romsdal)
Tveit, P.	1967	16.05				Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1967a	13.01				Artikkel
Ødegård, E.	1967b	12.08	Rørbruer under vann	Vegteknisk tidsskrift		Artikkel
Ødegård, E.	1967c					Brev (mottaker: Norges Bondeblad)

Bind 2.

Forfatter	År	Dato	Tittel	Publisert	Sted	Type dokument
Hauge, E.H.	1967	12.05	Rørtunnel	Bergen Kommune. Tiltaksnemda for Industri og Handel	Bergen	Brev (mottaker: Brandtzæg, A.)
Brandtzæg, A.	1967	23.05	Rørtunnel			Brev (mottaker: Hauge, E.H.)
Brandtzæg, A.	1967	21.08			Trondheim	Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1967	28.08				Brev (mottaker: Brandtzæg, A.)
Brandtzæg, A.	1967	30.08	Rørtunnel			Brev (mottaker: Hauge, E.H.)
Brandtzæg, A.	1967	30.08				Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Ødegård, E.	1967	03.10	Rørtunnel			Brev (mottaker: Brandtzæg, A.)
Brandtzæg, A.	1967	16.01	Dykket rørtunnel			Brev (mottaker: Ødegård, E.)
Brandtzæg, A.	1968	22.01	Dykket flytende vegtunnel			Møteplan
Brandtzæg, A.	1968	05.02	Dykket flytende rørbrø, Brøstnes- Skarholmen			Brev/møtereferat (mottaker: Hauge, E.H.)

Hauge, E.H.	1968	31.05	Dykket flytende tunnel			Brev (mottaker: Brandtzæg, A.)
Ødegård, E.	1968		Rørbroer under vann – en kortfattet orientering		Molde	Artikkel
Brandtzæg, A.	1969	28.11	Notat			Møtereferat
Ukjent forfatter	1969	04.06	Utvalg nedsatt for å vurdere om undervannsbruer har livets rett	Bergens Tidene	Bergen	Artikkel

Bind 3.

Forfatter	Årstal	Dato	Tittel	Publisert	Sted	Type dokument
Tangsrud, N.	1969	22.08	Rørbroutvalget	SINTEF	Trondheim	Brev (mottaker: Rørbroutvalget)
Tangsrud, N.	1969	10.09	SINTEF's Rørbroutvalg	SINTEF	Trondheim	Møtereferat
Brandtzæg, A.	1969	04.12				Møtereferat
SINTEF	1969	01.12		SINTEF	Trondheim	Avtale
Ødegård, E.			Rørbroutvalgets kontakter med rørbrointeresserte			Brev (mottaker: Brandtzæg, A.)
Tangsrud, N.	1970	23.01	Rørbroutvalget	SINTEF	Trondheim	Møtereferat
Tangsrud, N.	1970	24.02	Rørbroutvalget	SINTEF	Trondheim	Møtereferat
Ingeniøren e Bonde & Co.	1970	23.03	Rørbroutvalget. Reise til Holland 15-18. mars 1970	Ingeniøren e Bonde & Co.	Oslo	Møtereferat
Tangsrud, N.	1970	15.04	Rørbroutvalget	SINTEF	Trondheim	Møtereferat
Brandtzæg, A.	1970	09-07	Rørbroutvalget – Foreløpig summarisk rapport fra studiereise til U.S.A. 1970		Trondheim	Rapport
Brandtzæg, A.	1970	10.0	Statusrapport for	SINTEF	Trondheim	Rapport

A.		7	2. kvartal 1970		m	
Brandtzæg, A.	1970	15.10				Brev (mottaker: Herron, R.F.)

Vedlegg 5: Dokumentliste, del 2.

Liste over artikler fra arkivet til Rogalands Avis

Forfatter	År	Dato	Tittel	Publisering
Ukjent forfatter	1997	19.12	Ryfylke limes sammen	Rogalands Avis
Hatteland, S.	1998	X.02	Rørbru – samfunnsnyttig i miljø, tid og pris?	Rogalands Avis
Fossmo, S.R.	1998	07.02	Med en fjord å krysse	Rogalands Avis
Fossmo, S.R.	1998	07.02	Motstanden mot Høgsfjord-røret er stor	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K.	1998	19.02	Høgsfjordrøret kan bli milliardsluk	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K.	1998	20.02	Undersjøisk tunnel kan være bedre enn rørbru	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K. & Berge, F.	1998	21.02	«Høgsfjordrøret basert på feil tall»	Rogalands Avis
Fossmo, S.R.	1998	24.02	Ap stanser Høgsfjord-røret	Rogalands Avis
Berge, F. & Gudlaugsson, K.	1998	24.02	KrF-topp krever ny miljørapport	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K. & Berge, F.	1998	24.02	Høyre delt i synet på miljøregnskap	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K.	1998	24.02	Vedtak bør ikke tas på sviktende grunnlag	Rogalands Avis
Berge, F.	1998	25.02	Vegsjef Espedal beklager miljøfeil	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K.	1998	25.02	Spissteknologi eller samfunnsnytte?	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K.	1998	26.02	Gikk imot rørbrua	Rogalands Avis
Berge, F.	1998	02.03	Hard kritikk mot vegsjefen ARILD HERVIK	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K.	1998	03.03	Fylkesutvalget gikk inn for røret	Rogalands Avis
Berge, F.	1998	10.03	Ap-utbrytere sikrer rør-ja	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K.	1998	11.03	Her blir det ja til Høgsfjordrøret	Rogalands Avis
Gudlaugsson, K.	1998	17.03	Dørum er skeptisk til høgsfjordrøret	Rogalands Avis